

L'irradiation des produits alimentaires gagne du terrain

par J. van Kooij*

Environ un quart de la production alimentaire mondiale se perd après la récolte, bien que l'on puisse disposer sans difficultés d'un certain nombre de méthodes de conservation des produits alimentaires. Les pertes se produisent surtout dans les régions tropicales, où sont situés la plupart des pays en développement, peut-être parce que les technologies existantes de conservation des produits alimentaires ne sont pas efficaces dans ce milieu ou parce qu'elles ne sont pas adaptées aux habitudes de consommation alimentaire dans la plupart des pays en développement. Dans ces pays, les gens sont habitués à acheter des produits frais qu'ils consomment immédiatement après chez eux. Ils accueilleraient favorablement toute nouvelle technologie qui permettrait à ces produits de rester frais plus longtemps.

Une nouvelle technique — le traitement par irradiation — est utilisée à diverses fins, le plus souvent pour prolonger la durée de conservation des produits alimentaires dans leur état d'origine. Le traitement ionisant des produits alimentaires est étudié par les spécialistes depuis de nombreuses années. Ce procédé, qui ne provoque pratiquement aucune élévation de température dans les produits traités, est souvent désigné sous le nom de procédé «à froid». Le poisson, les fruits et les légumes restent frais et l'état physique des denrées alimentaires congelées ou séchées n'est pas altéré. Les agents responsables de l'altération des aliments (bactéries, insectes) sont détruits en grand nombre ou complètement éliminés des produits alimentaires emballés, et si les matériaux d'emballage sont imperméables, ces produits ne sont pas contaminés à nouveau. L'irradiation de produits alimentaires emballés est particulièrement intéressante là où l'hygiène requise est difficile à maintenir, comme c'est souvent le cas, par exemple, sous les tropiques.

Au cours des quinze dernières années, des politiques et programmes de traitement ionisant des denrées alimentaires ont été élaborés par un certain nombre de pays et dans le cadre de projets appuyés par la FAO, l'AIEA et l'OMS. L'objectif que l'on s'est fixé est d'assurer l'acceptation générale et l'utilisation pratique de l'irradiation des produits alimentaires en procédant à des études rigoureuses de l'innocuité et de la faisabilité technico-économique de cette méthode et en s'efforçant de garantir la libre circulation des produits alimentaires irradiés dans le commerce international. Le traitement ionisant des denrées alimentaires a de nombreuses utilisations. Il peut servir, par exemple, aux fins suivantes:

- inhibition de la germination des légumes (pommes de terre, oignons, ail, ignames);
- prolongation de la durée de conservation des produits frais (tels que les fruits, le poisson et la viande) en retardant leur maturation ou en réduisant le nombre de microorganismes qui les altèrent;

- lutte contre les agents pathogènes et les parasites présents dans les denrées alimentaires;
- destruction des insectes infestant les denrées alimentaires;
- décontamination microbienne des épices et ingrédients alimentaires déshydratés.

Assurance de l'innocuité des denrées alimentaires irradiées

On considère qu'il convient en priorité de démontrer la comestibilité de denrées alimentaires irradiées, comme en témoignent la participation de l'AIEA au Projet international en matière d'irradiation de denrées alimentaires et l'appui qu'elle a apporté à un projet de recherche coordonnée sur des études de comestibilité. Ce projet international a pris fin en 1981, une fois atteint son principal objectif qui était de recueillir des données à partir d'un grand nombre d'études toxicologiques et d'études spéciales concernant les effets de l'irradiation sur la comestibilité des denrées et ingrédients alimentaires traités ainsi que les interactions entre cette irradiation et la chimie des produits en question. Sur la base de ces données, un Comité mixte d'experts FAO/AIEA/OMS sur la comestibilité des denrées alimentaires irradiées, réuni en novembre 1980, a pu conclure à l'acceptabilité, du point de vue toxicologique, de toute denrée alimentaire irradiée à une dose moyenne globale ne dépassant pas 10 kilogray (kGy). Il a estimé qu'il n'était par conséquent plus nécessaire de procéder à l'examen toxicologique de produits alimentaires traités de cette façon. En ce qui concerne l'acceptabilité des produits irradiés du point de vue nutritionnel et microbiologique, le Comité a conclu que l'irradiation de denrées alimentaires à une dose ne dépassant pas 10 kGy ne soulevait aucun problème particulier d'ordre nutritionnel ou microbiologique. Cependant, le Comité a souligné qu'il ne fallait pas négliger l'importance de tout changement observé dans toute denrée irradiée en ce qui concerne son rôle dans le régime alimentaire.

Ces trois dernières années ont été marquées notamment par les efforts considérables que l'on a faits pour diffuser dans les Etats Membres des informations sur la comestibilité des aliments irradiés. La Commission FAO/OMS du Codex Alimentarius a servi de principal intermédiaire dans les échanges d'informations. Dans le cadre du Programme commun FAO/OMS de normes alimentaires, un projet de Norme générale révisée pour les aliments irradiés a été mis au point par un groupe de travail *ad hoc* réuni par la FAO, l'AIEA et l'OMS en juillet 1981. Ce projet, qui tient compte des conclusions de la réunion du Comité mixte d'experts de 1980, a été communiqué aux gouvernements des 122 pays membres de la Commission du Codex Alimentarius et aux organismes intéressés pour qu'ils formulent des observations à son sujet. Le projet de Norme révisée a été examiné et modifié à l'occasion des deux réunions du Comité intergouvernemental du Codex pour les additifs alimentaires. C'est finalement

* M. van Kooij est Chef de la Section de la conservation des denrées alimentaires de la Division mixte FAO/AIEA.

la Commission du Codex Alimentarius qui en a achevé la rédaction et qui a adopté le texte de la Norme générale Codex pour les aliments irradiés à sa réunion de juillet 1983.

La Norme générale Codex

Le champ d'application de cette norme indique clairement que les dispositions qu'elle contient ne s'appliquent qu'au traitement ionisant des denrées alimentaires. Il est également admis que les denrées traitées par irradiation seront, comme tous les autres produits alimentaires, soumises aux dispositions réglementaires générales sur l'alimentation en ce qui concerne la qualité, l'hygiène, les questions de poids et mesures, etc. La Norme s'applique à tous les produits alimentaires irradiés à une dose globale moyenne ne dépassant pas 10 kGy et reconnaît qu'il est démontré que l'irradiation des aliments peut généralement être appliquée sans danger si la dose absorbée ne dépasse pas 10 kGy, ce qui ne veut pas dire qu'au-delà de cette dose les aliments irradiés deviennent dangereux, mais plutôt qu'à une dose égale ou inférieure à ce niveau l'innocuité du procédé est bien établie.

L'irradiation des denrées alimentaires doit être pratiquée dans des installations autorisées, homologuées et contrôlées par l'autorité nationale compétente. La dose absorbée ne peut pas être contrôlée sur le produit même une fois que celui-ci a été mis dans le commerce. Bien que de nombreuses études aient été faites sur les moyens de détecter des changements biologiques, chimiques ou physiques dans les aliments soumis à une irradiation, on n'a encore pas trouvé de méthode satisfaisante pour identifier les produits irradiés: il est certes possible de déceler certains effets, mais les méthodes ne sont pas suffisamment précises pour les besoins de la réglementation. C'est pourquoi le contrôle de l'irradiation des produits alimentaires destinés à la vente ne peut être effectué que dans les installations d'irradiation.

Pour ce qui est des «prescriptions techniques», la Norme stipule que l'irradiation des denrées alimentaires n'est justifiée que lorsqu'elle répond à un besoin technique ou à un objectif d'hygiène alimentaire et qu'elle ne devrait pas remplacer de bonnes pratiques de fabrication. Les doses de rayonnement utilisées doivent être proportionnelles aux objectifs à atteindre sur les plans technique et sanitaire et être conformes aux bonnes pratiques de traitement par irradiation. Le Code d'usages international recommandé pour l'exploitation des installations de traitement des aliments par irradiation définit des principes directeurs pour la mesure des doses et le contrôle des opérations.

Les dispositions de la Norme générale Codex pour les aliments irradiés concernant «l'étiquetage» stipulent clairement que les documents d'expédition doivent contenir tous les renseignements nécessaires pour que l'origine des produits irradiés puisse être déterminée en toutes circonstances. Un certain nombre de denrées alimentaires seront irradiées après avoir été emballées. La Norme générale Codex pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées (dont une version révisée est en préparation) contiendra des dispositions impératives concernant l'étiquetage de ces produits. Les denrées en vrac ayant été soumises à une irradiation dans leur emballage devront être déclarées comme produits irradiés dans les documents d'expédition.

En ce qui concerne l'étiquetage, le Comité mixte d'experts qui s'est réuni en 1980 a déclaré dans son rapport «que les aliments irradiés seraient soumis aux règlements qui s'appliquent aux denrées alimentaires en général et à toute norme propre à chaque denrée. Il n'a donc pas paru nécessaire pour des motifs scientifiques d'envisager de normes spéciales relatives à la qualité, à la salubrité et à l'étiquetage des aliments irradiés».

Certaines denrées irradiées peuvent être transformées par la suite en différents produits: on peut par exemple transformer des pommes de terre en flocons ou en chips, réduire des oignons en poudre, utiliser de la viande de poulet désossé pour préparer des soupes, etc. Dans le cas des produits destinés à être transformés, il peut être très utile d'indiquer sur les documents d'expédition que ces produits ont été irradiés de façon que les industriels qui les transforment sachent qu'ils présentent, de ce fait, certaines propriétés: absence de salmonelles, pas de risque de germination si l'on garde des oignons ou des pommes de terre à l'air libre, etc.

Certains produits irradiés, tels que les épices, peuvent être utilisés par la suite comme ingrédients dans des produits manufacturés. Tous les ingrédients d'un produit manufacturé ne sont pas forcément irradiés et, généralement, le procédé de transformation n'est pas précisé. Si un seul des ingrédients a été irradié, est-il nécessaire de l'indiquer sur l'étiquette du produit?

Les consommateurs et organisations de consommateurs réclament souvent des règles spéciales d'étiquetage. Or, il règne une grande confusion et l'on est très mal informé au sujet des denrées irradiées. Toute expression ou déclaration contenant le mot «irradié» ou «irradiation» risque d'inspirer la crainte d'un danger inexistant, ce qui n'induit pas seulement en erreur mais peut inciter le consommateur à s'abstenir d'acheter ce produit. Le rapport d'une réunion de consultants FAO/AIEA sur la commercialisation et les tests de vente des denrées alimentaires irradiées et leur acceptation par le consommateur, publié en juillet 1983, a cité des preuves scientifiques de l'innocuité des produits irradiés (Comité mixte d'experts, 1980) et a recommandé qu'il ne soit pas exigé de faire état du procédé utilisé sur l'étiquette. Il faudrait informer et éduquer les consommateurs par d'autres méthodes, notamment par l'intermédiaire de divers moyens d'information et d'éducation, de la presse, des organisations de consommateurs, etc.

Progrès en matière de réglementation nationale

Plusieurs pays ont une législation qui prévoit une interdiction générale des denrées irradiées, une dérogation pouvant toutefois être accordée pour différents produits dans certaines conditions. Sur la base de ces systèmes de réglementation nationale, quelque 80 autorisations «inconditionnelles» et «provisoires» ont été délivrées pour des produits alimentaires très divers. En outre, plusieurs pays ont accordé des autorisations restreintes pour des lots de caractère expérimental ou pour des tests de vente limités.

Les renseignements dont on dispose maintenant sur l'innocuité des aliments irradiés et sur l'efficacité du procédé offrent aux autorités nationales compétentes le moyen d'adapter, si besoin est, la législation existante

Autorisations inconditionnelles et provisoires accordées pour des produits alimentaires dans différents pays

Produits alimentaires	Afrique du Sud	Argentine	Bangladesh	Belgique	Canada	Chili	Danemark	Espagne	Etats-Unis	France	Hongrie	Israël	Italie	Japon	Norvège	Pays-Bas	Philippines	Pologne	Thaïlande	Uruguay	URSS
Pommes de terre	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x
Oignons	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x			x		x	x		x
Ail	x			x						x			x								
Echalotte				x						x											
Blé, farine, farine de blé entière			x		x	x			x												
Epices			x	x		x			x	x	x				x	x					
Poulet	x		x			x						x				x					
Poisson et produits à base de poisson (réfrigérés, congelés)			x			x										x					
Crevettes congelées			x													x					
Cuisses de grenouille			x													x					
Riz et produits à base de riz usiné			x			x										x					
Pain de seigle																x					
Oeufs en poudre																x					
Protéines de sang																x					
Fèves de cacao						x										x					
Dattes						x															
Légumes à gousse			x			x															
Papayes	x		x			x															
Mangues	x		x			x															
Fraises	x			x		x										x					
Poivrons				x																	
Achar de mangue	x																				
Bananes (fraîches, séchées)	x																				
Litchis	x																				
Concentrés de produits alimentaires déshydratés																					x
Céréales																					x
Fruits secs																					x
Champignons																x					
Endives																x					
Asperges																x					
Pâte à pâtisserie																x					

ou, dans le cas des pays qui n'ont pas de législation sur l'irradiation des denrées alimentaires, de mettre au point une législation appropriée. Il convient de souligner à cet égard que la Norme générale Codex pour les aliments irradiés sert de modèle à différents pays. Il est possible, en incorporant les dispositions de cette norme à la légis-

lation nationale, de protéger les consommateurs et de faciliter le commerce international. Ces toutes dernières années, on a, en matière de réglementation, observé des progrès concrets dans un certain nombre de pays: Afrique du Sud, Bangladesh, Canada, Chili, Danemark, Etats-Unis d'Amérique, France, Hongrie, Norvège et Pays-Bas.



Vue de l'intérieur de l'installation pilote d'irradiation des denrées alimentaires utilisée à des fins de formation et pour des études de faisabilité au Centre international des techniques d'irradiation des aliments, aux Pays-Bas. Les produits sont mis dans des fûts ou conteneurs posés sur des tables rotatives ou sur des bandes transporteuses de part et d'autre de la source de rayonnement, que l'on sort du bassin de stockage jusqu'à hauteur de la cage en treillis métallique qui se trouve entre les fûts sur la photo.

Les progrès qui ont été réalisés résultent de l'autorisation de certains groupes de produits alimentaires sur la base des recommandations du Comité mixte d'experts et de la Norme générale Codex pour les aliments irradiés ou l'élaboration de dispositions réglementaires permettant l'application générale du procédé d'irradiation. On peut citer à titre d'exemple le projet de Règlement relatif à l'irradiation des produits alimentaires aux stades de la production de la transformation et de la distribution, qui a été publié aux Etats-Unis d'Amérique en février 1984. Ce règlement permettrait d'irradier les denrées alimentaires pour inhiber le développement et la maturation des fruits et légumes frais, désinfecter les denrées à des doses ne dépassant pas 1 kGy et détruire les microbes présents dans les épices à des doses ne dépassant pas 30 kGy. «Le moment est venu d'aller de l'avant avec cette technique prometteuse», a déclaré Mme Margaret M. Heckler, Secrétaire d'Etat au Department of Health and Human Services, en présentant ce projet de règlement.

Le Service de protection sanitaire du Ministère de la santé et de l'aide sociale du Canada a publié en juillet 1983 un «projet de règlement révisé pour le contrôle de l'irradiation des denrées alimentaires». Ce règlement faciliterait la présentation de demandes concernant de nouvelles applications de l'irradiation en vue d'accroître la qualité, l'innocuité et la durée de conservation des produits alimentaires. En mars 1982, le Commissariat français à l'énergie atomique a publié un document

intitulé «Radioconservation des produits alimentaires: efficacité et absence de risque pour l'homme». En France, il n'est désormais plus nécessaire de fournir des renseignements d'ordre toxicologique pour des doses ne dépassant pas 10 kGy quand on demande une autorisation. Au Bangladesh et au Chili, les services de santé publique chargés des questions d'irradiation des denrées alimentaires autorisent l'utilisation de cette technique pour un grand nombre de produits, en se référant à la Norme générale Codex adoptée par la Commission du Codex Alimentarius en 1979 et aux recommandations du Comité mixte d'experts de 1980.

Pour que l'application de l'irradiation puisse être développée résolument, il faut que les aliments irradiés ou le procédé d'irradiation soient acceptés par les services nationaux de santé publique, l'industrie alimentaire et le commerce ainsi que par les consommateurs. La réunion de consultants FAO/AIEA mentionnée plus haut a supposé qu'un organisme gouvernemental impartial ne pourrait probablement pas promouvoir à lui seul l'irradiation des denrées alimentaires et a suggéré qu'un «comité directeur» national soit créé dans chaque pays afin de définir des orientations pour l'application pratique de cette technique en fonction des systèmes existants, qui varient d'un pays à l'autre et soulèvent des problèmes institutionnels complexes.

Recherche et formation

La Section de la conservation des denrées alimentaires de la Division mixte FAO/AIEA est chargée d'aider et de conseiller les Etats Membres de l'AIEA et de la FAO en ce qui concerne l'utilisation, sur le plan pratique, de l'irradiation des denrées alimentaires dans des conditions de sûreté et d'efficacité qui permettent de réduire les pertes après la récolte et diverses sortes de dommages subis par les produits agro-alimentaires. L'AIEA collabore également avec la FAO et avec l'OMS pour faire accepter de manière générale les diverses applications de l'irradiation des denrées alimentaires dans les Etats Membres. La Section de la conservation des denrées alimentaires appuie à l'heure actuelle trois programmes interrégionaux et un programme régional (pour l'Asie et le Pacifique) de recherche coordonnée en vue de faciliter l'application pratique de cette technologie.

Les projets de recherche coordonnée réalisés ces quatre dernières années ont montré qu'il était techniquement possible de recourir à l'irradiation pour inhiber la germination (pommes de terre, oignons, ignames, ail), lutter contre les moisissures (mangues, papayes), détruire les insectes (agrumes, mangues, poisson séché, dattes, riz, fèves de cacao) et les microbes (épices, ingrédients en poudre), lutter contre les agents pathogènes (crevettes, cuisses de grenouille, volaille) et prolonger la durée de conservation (fruits, volaille, poisson frais).

Le projet régional de coopération pour l'Asie sur l'irradiation des denrées alimentaires a permis de coordonner les travaux de recherche et les études pilotes sur certains produits présentant un intérêt particulier pour la région, tels que les produits de la pêche, les fruits tropicaux, les oignons et les épices. Dans le cadre de ce projet, on entreprendra bientôt de transférer les techniques d'irradiation des denrées alimentaires aux industries locales.

Depuis 1979, les recherches sur l'irradiation des denrées alimentaires bénéficient d'un appui important du Centre international des techniques d'irradiation des aliments (IFFIT). Ce centre de formation, créé sous les auspices de l'AIEA, de la FAO et du Ministère de l'agriculture et de la pêche des Pays-Bas, a organisé cinq cours de formation générale sur l'irradiation des denrées alimentaires, dont un cours régional (Amérique latine), et un cours spécialisé sur les aspects de la question intéressant la santé publique; il a mis à la disposition de 20 boursiers de 16 pays les installations de formation nécessaires et participé à l'évaluation de la qualité de cargaisons expérimentales de produits irradiés — mangues, épices, avocats, crevettes, oignons et ail — en provenance d'Etats Membres en développement. Au total, 109 spécialistes de 40 pays ont participé aux six cours de formation organisés par ce Centre au cours des cinq dernières années. Les renseignements tirés des études de faisabilité technologique effectuées par des boursiers et de l'évaluation de ces cargaisons expérimentales sont consignés dans 46 rapports publiés ces quatre dernières années par le Centre qui tient à jour, en coopération avec l'établissement pilote néerlandais d'irradiation des denrées alimentaires, une base de données informatisées sur les résumés des publications actuelles concernant l'irradiation des denrées alimentaires.

Collaboration internationale

Après l'achèvement du Projet international en matière d'irradiation de denrées alimentaires à la fin de 1981, plusieurs Etats Membres ont souhaité que la coopération internationale se poursuive en vue de faciliter l'application pratique du traitement ionisant des denrées alimentaires. Au milieu de 1983, une proposition tendant à la création d'un Groupe consultatif international sur l'irradiation des aliments a été communiquée, sous forme de «Déclaration», aux Etats Membres de la FAO, de l'AIEA et de l'OMS. Les principales fonctions de ce groupe sont les suivantes:

- évaluer les progrès accomplis dans le monde en matière d'irradiation des denrées alimentaires;
- jouer un rôle de coordination pour la fourniture aux Etats Membres et aux organisations de conseils sur l'application de l'irradiation des denrées alimentaires;
- fournir l'information requise, par l'intermédiaire des organisations, au Comité mixte d'experts AIEA/FAO/OMS sur la comestibilité des denrées alimentaires irradiées et à la Commission du Codex Alimentarius.

Cette proposition ayant reçu un appui suffisant de la part des gouvernements, le Groupe consultatif international sur l'irradiation des denrées alimentaires est entré en fonctions le 9 mai 1984. A l'heure actuelle, les pays membres du Groupe sont les suivants: Argentine, Bangladesh, Canada, Egypte, France, Hongrie, Irak, Israël, Mexique, Pays-Bas, Philippines, République fédérale d'Allemagne, République Arabe Syrienne, Thaïlande et Turquie. En outre, le Costa Rica, la Finlande, le Malawi et le Portugal ont fait savoir qu'ils souhaiteraient eux-aussi participer aux activités de ce groupe, et l'on compte que plusieurs autres Etats Membres se joindront à celui-ci dans le courant de l'année.

Le Groupe, composé de représentants des gouvernements qui ont adopté les termes de la Déclaration, a été créé pour une période initiale de cinq ans.

Perspectives d'application pratique

L'irradiation des denrées alimentaires a désormais sa place parmi d'autres méthodes de conservation des produits alimentaires. Il est toutefois probable que son application commerciale sera lente au départ, étant donné les obstacles spécifiques auxquels elle se heurte — absence d'acceptation au niveau gouvernemental, manque d'études réalistes de faisabilité technico-économique, surtout dans les pays en développement, risque économique élevé qu'implique, dans les conditions d'incertitude actuelles, l'investissement initial nécessaire, à sa mise en œuvre dans certains pays, et acceptation par le consommateur.

Le transfert de cette technologie à l'industrie alimentaire et au commerce fait désormais partie intégrante des activités de recherche-développement dans de nombreux pays. Il existe des irradiateurs pilotes et des tests de vente sont en cours notamment dans les pays suivants: Algérie, Australie, Bangladesh, Chili, Hongrie, Indonésie, Mexique, Pakistan, République démocratique allemande, Thaïlande et Yougoslavie. Des installations pilotes sont à l'étude ou en construction au Ghana, au Nigeria, aux Philippines et à Sri Lanka.

Des applications commerciales ont été signalées au Japon (pommes de terre), en URSS (désinfestation des céréales), en Afrique du Sud (prolongation de la durée de conservation des fruits et légumes), en Belgique (épices, ingrédients alimentaires déshydratés), aux Pays-Bas (produits de la pêche congelés, épices, ingrédients alimentaires déshydratés), en Hongrie (oignons, poivrons), en Norvège (épices) et aux Etats-Unis d'Amérique (épices). La production mondiale de denrées irradiées s'est chiffrée, d'après les estimations, à 35 000 tonnes en 1983.

Des installations d'irradiation polyvalentes qui seront notamment utilisées pour irradier des denrées alimentaires ont été installées récemment ou sont à l'étude dans les pays suivants: Afrique du Sud, Bangladesh, Belgique, Brésil, Egypte, Etats-Unis d'Amérique, France, Hongrie, Indonésie, Israël, Italie, Pays-Bas, République de Corée, République fédérale d'Allemagne, Taiwan et URSS.

Les pays qui ont autorisé l'irradiation de denrées alimentaires n'utilisent pas tous ce procédé dans la pratique. Nombre des autorisations ont été délivrées sous réserve que la comestibilité de ces denrées soit démontrée. Les applications pratiques de ce procédé sont tributaires de plusieurs facteurs: efficacité, nécessité, faisabilité économique et exigences du marché. De nombreux pays en développement exportent des fruits, des légumes, des fèves de cacao, des produits de la pêche congelés, du copra, des feuilles de tabac, etc. Ces produits peuvent abriter des insectes ravageurs auxquels s'appliquent les restrictions relatives à la quarantaine ou être contaminés à divers degrés par des microorganismes posant des problèmes de santé publique. Avant d'autoriser l'importation de ces produits, plusieurs pays exigent qu'ils soient traités (désinfestation ou décontamination par exemple). Si l'utilisation de l'irradiation des denrées alimentaires continue à se propager dans les pays occidentaux, cela pourra aider les pays en développement à commercialiser des produits d'exportation tels que produits de la pêche congelés, épices, poisson séché ou fruits tropicaux.