

# Inventaire des matières radioactives pénétrant dans le milieu marin

*Elaboration d'une base de données pour aider à évaluer l'impact des pratiques actuelles et passées de gestion des déchets*

par Dominique  
Calmet et  
Kirsti-Liisa  
Sjöblom

Le développement de l'énergie nucléaire et son application à la production d'électricité ainsi que l'utilisation des radio-isotopes en médecine et dans les établissements de recherche engendrent des déchets radioactifs dont certains ont pénétré dans le milieu marin. Parmi les activités ou événements d'origine humaine provoquant ou ayant provoqué la contamination de ce milieu, on peut distinguer:

- les essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère ou sous l'eau;
- le rejet contrôlé d'effluents liquides faiblement radioactifs par les centrales nucléaires, les installations de retraitement, l'industrie, les hôpitaux, les centres de recherche scientifique et les installations d'armements nucléaires;
- l'évacuation sur le fond des océans de déchets de faible activité, généralement emballés, provenant des installations ci-dessus;
- l'accident de Tchernobyl, qui a entraîné un dépôt direct de radionucléides dans les mers locales ou un dépôt sur leurs aires d'alimentation;
- les accidents en mer dus à des matières radioactives, par exemple la perte de navire tel que sous-marin à propulsion nucléaire ou navire transportant du combustible nucléaire, la perte d'un avion transportant des armes nucléaires, ou la rentrée dans l'atmosphère d'un satellite contenant des matières nucléaires.

Le souci de nombreux pays de prévenir la pollution radioactive du milieu marin est exprimé dans de nombreuses conventions internationales, telles que la Convention sur le droit de la mer, la Convention de Londres sur l'immersion et le Code de sécurité applicable aux navires de commerce nucléaires (voir l'encadré, page 26). Ces conventions ont chargé expressément l'AIEA d'effectuer des études et de donner des définitions et des recommandations concernant la prévention de la contamination radioactive des mers.

---

M.D. Calmet est membre du personnel du Laboratoire 501, Métrologie de l'environnement, en France, et Mme Sjöblom travaille à la Division du cycle du combustible nucléaire et de la gestion des déchets, à l'AIEA.

Récemment, la Convention de Londres a demandé à l'AIEA d'établir un inventaire des déchets radioactifs de toutes sources pénétrant dans le milieu marin. L'idée est de créer une base de données pouvant fournir des renseignements précis pour évaluer l'impact de toute pratique de gestion des déchets qui rejette des déchets radioactifs dans la mer. Cet inventaire dissuaderait également d'évacuer plus de déchets qu'il n'est recommandé dans un seul bassin océanique.

---

## La base de données sur l'inventaire

L'élaboration d'une telle base de données est prévue dans le cadre d'un programme mis en route à l'AIEA. Le système est conçu de façon à:

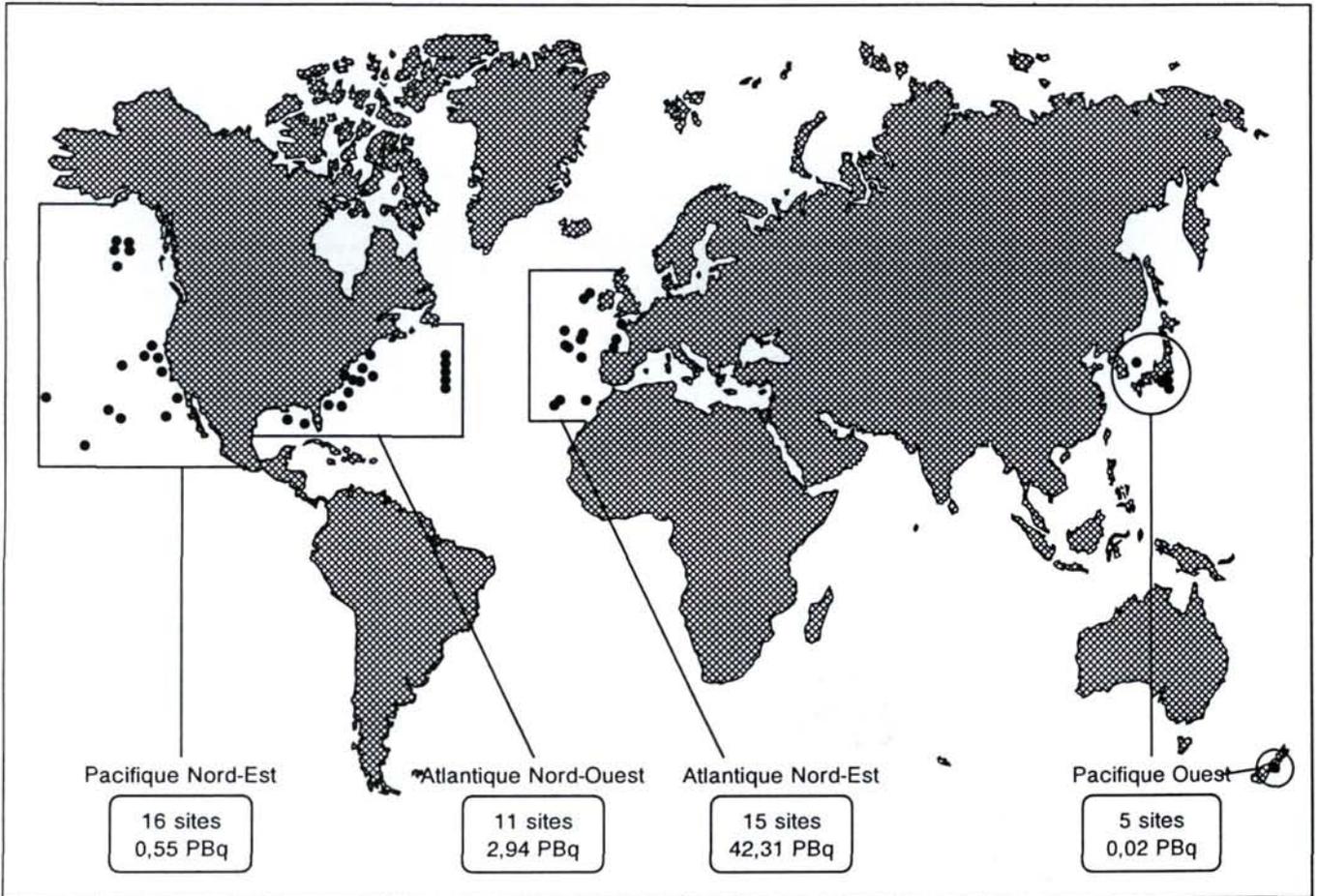
- permettre le stockage d'informations sur les pratiques et accidents passés et inclure des informations futures;
- accéder aux renseignements nécessaires pour l'évaluation, le calcul et la comparaison des impacts.

Une base de données informatisée a été mise en place avec trois modules:

- opérations d'immersion de déchets faiblement radioactifs;
- accidents et pertes en mer pouvant conduire à un rejet direct de radionucléides dans le milieu marin;
- rejets contrôlés par des centrales nucléaires de liquides faiblement radioactifs dans les eaux côtières.

Chaque module a été établi séparément de façon à permettre un stockage et une extraction rapide des informations nécessaires pour chaque source. Un système jouant le rôle de mémoire corrige automatiquement les données pour tenir compte de la décroissance radioactive.

Les informations disponibles sur les radionucléides sont très variables selon les pratiques considérées. Ainsi, celles qui concernent les radionucléides provenant des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère et sous l'eau sont limitées en raison de la confidentialité des données, alors que



leurs effets sur le milieu marin sont bien connus. Les rejets contrôlés d'effluents liquides de faible activité provenant d'installations nucléaires civiles sont bien documentés par les autorités nationales.

Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) revoit périodiquement les données sur la contamination radioactive de l'environnement. Dans ses rapports, il présente des données sur les rejets d'effluents liquides et les résultats des évaluations de l'impact radiologique de ces pratiques, ainsi que de celles qui sont liées aux essais d'armes nucléaires et, depuis peu de temps, à l'accident de Tchernobyl. Les documents de l'UNSCEAR peuvent être utilisés directement à des fins de comparaison pour les divers rejets provenant des opérations du cycle du combustible nucléaire.

Du fait que les sources de contamination marine dues aux «opérations d'immersion» et aux «accidents et pertes en mer» sont celles qui ont le rapport le plus étroit avec les objectifs de la Convention de Londres, la onzième réunion consultative (1988) des parties à cette convention a donné la priorité à la création par l'AIEA des bases de données concernant ces sources. Le présent article résume les données recueillies sur les déchets de faible activité rejetés en mer et sur les accidents et pertes en mer signalés à l'AIEA par les Etats membres.

### Immersion de déchets de faible activité

Le premier produit de la base de données sur l'inventaire a été la publication en 1991 d'un document intitulé *Inventory of Radioactive Material Entering the Marine Environment: Sea Disposal of Radioactive Waste\**. Ce document a été soumis en 1991 à la quatorzième réunion consultative des parties contractantes à la Convention de Londres. Il fournit, pays par pays, des informations sur les sites d'immersion et les quantités de radionucléides qui y sont rejetées chaque année.

De nombreux types différents de déchets ont été évacués en mer. Des quantités variables de déchets de faible activité ont été rejetées sur plus de 50 sites du nord de l'Atlantique et du Pacifique. La première opération d'immersion a eu lieu en 1946 sur un site qui se trouve au nord-est du Pacifique, à 80 km environ au large de la côte californienne, et la dernière officiellement connue a eu lieu en 1982, sur un site situé dans l'Atlantique, à environ 550 km au large du plateau continental de l'Europe (voir la carte).

Pendant ces années, on estime que 46 PBq (1,24 MCi) de déchets radioactifs provenant de la recherche, de la médecine, de l'industrie nucléaire et

### Répartition mondiale des sites marins où sont rejetés des déchets de faible activité

IAEA-TECDOC-588, Vienne (1991).

## Cadre juridique international

Le cadre juridique international relatif aux opérations d'immersion des déchets radioactifs comprend:

### Le droit de la mer

La première conférence des Nations Unies sur le droit de la mer, en 1958, a recommandé expressément que l'AIEA poursuive toutes études et prenne toutes mesures nécessaires pour aider ses Etats membres à contrôler le rejet ou le dégagement de matières radioactives dans la mer, à promulguer des normes et à élaborer des règlements acceptables internationalement pour prévenir la pollution de la mer par des matières radioactives en quantités qui auraient des effets préjudiciables pour l'homme et pour les ressources marines.

### La Convention de Londres

La Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières (Convention de Londres sur l'immersion) est entrée en vigueur en 1975. Elle interdit, entre autres, l'immersion de déchets de haute activité et exige que les déchets de faible activité ne soient immergés qu'après l'obtention d'un permis spécial. Il faut tenir un relevé de la nature et des quantités de matières immergées et du lieu, de la date et de la méthode d'immersion.

La Convention de Londres a chargé l'AIEA d'entreprendre certaines tâches spécifiques, en particulier d'établir une définition des déchets fortement radioactifs impropres à l'immersion, et de faire des recommandations aux autorités nationales en ce qui concerne la délivrance de permis spéciaux d'immersion de déchets faiblement radioactifs. Il était demandé à l'AIEA de soumettre en permanence ces définitions et recommandations visant à limiter l'impact des opérations d'immersion à des examens et révisions.

### Moratoire volontaire sur l'immersion

En 1983, à la septième réunion consultative des parties contractantes à la Convention de Londres, des craintes ont été exprimées au sujet des dommages qu'était susceptible de causer aux ressources marines l'immersion de déchets de faible activité, principalement par des pays qui ne tirent pas directement avantage de l'énergie nucléaire. Il a été proposé d'amender les annexes de la Convention pour interdire l'immersion en mer de tous déchets radioactifs, et une résolution appelant la suspension de toute immersion de déchets radioactifs a été adoptée. Les parties contractantes se sont finalement mises d'accord sur un moratoire volontaire non contraignant concernant l'immersion en mer de déchets faiblement radioactifs, en attendant les conclusions d'un groupe intergouvernemental d'experts chargés d'examiner les aspects scientifiques, mais aussi politiques, juridiques, économiques et sociaux plus généraux de l'immersion de déchets de faible activité.

### Code de sécurité pour les navires de commerce nucléaires

La Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, qui contient des recommandations de sécurité applicables aux navires de commerce nucléaires, a été signée à Londres en 1960. Les règles de sécurité applicables aux navires nucléaires sont passées sous la responsabilité de l'Organisation maritime internationale (OMI) en 1974. Le sous-comité de la conception et de l'équipement du navire de l'OMI a consacré beaucoup de temps et de travail à la rédaction d'un recueil de règles de sécurité applicables aux navires de commerce nucléaires, qui a été publié en 1981.

des activités militaires ont été emballés, généralement dans des fûts métalliques enrobés dans une matrice en béton ou en bitume, et rejetés en mer. L'inventaire comprend également des déchets non emballés et des déchets liquides qui ont été immergés entre 1950 et 1960. Les émetteurs bêta-gamma représentaient plus de 98% de la radioactivité totale des déchets. Il y avait des produits de fission et d'activation, tels que le tritium, le carbone 14, le fer 55, le cobalt 58 et 60, le strontium 90 et le césium 137. Parmi eux, le tritium représente à lui seul un tiers de la quantité totale des radionucléides rejetés. Il y avait également de faibles quantités d'émetteurs alpha (plutonium et américium à raison de 96%).

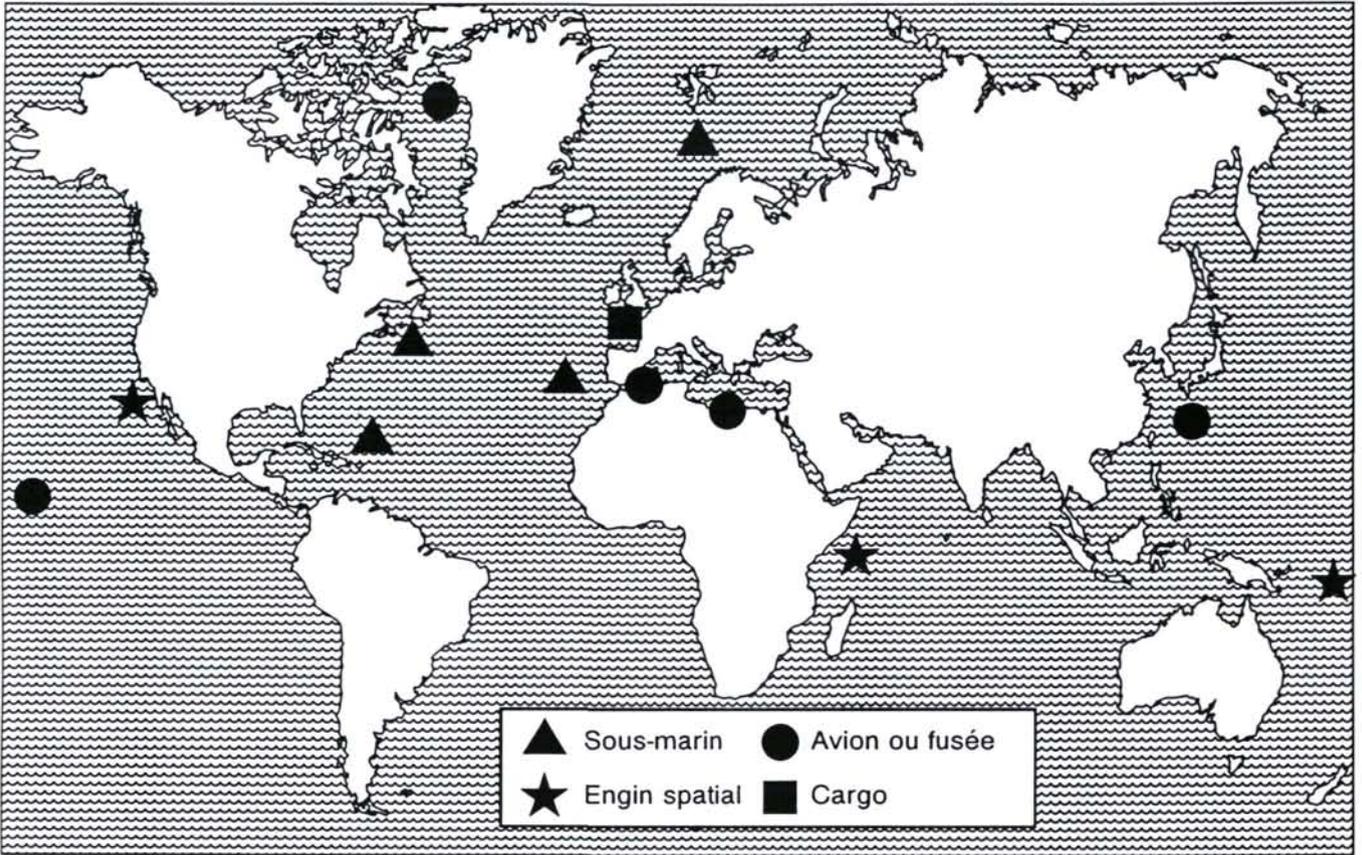
Jusqu'en 1977, les opérations d'immersion étaient conduites sous l'autorité des pays. En 1977, le Conseil de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a commencé à coordonner les opérations d'immersion de ses Etats membres et lancé un programme coordonné de recherches et de surveillance du milieu pour déterminer si les sites continuent de se prêter à ces opérations. En conséquence, le site d'immersion du nord-est de l'Atlantique, qui a été utilisé jusqu'en 1982, a été examiné chaque année. Une surveillance radiologique des sites du Pacifique et du nord-ouest de

l'Atlantique est effectuée périodiquement par les agences pour la protection de l'environnement des Etats-Unis et du Japon. Jusqu'ici, des échantillons d'eau de mer, de sédiments et d'organismes vivants sur le fond de la mer prélevés sur les divers sites ne contenaient pas d'excédents de radionucléides supérieurs à ceux des retombées des essais d'armes nucléaires, sauf en certaines occasions, où des niveaux élevés de césium et de plutonium ont été détectés dans des échantillons prélevés à proximité d'emballages sur le site d'immersion.

Selon des rapports récents, des opérations d'immersion de déchets radioactifs, dont certains de haute activité, auraient eu lieu ces dernières années dans l'Arctique (mers de Barents et de Kara). L'AIEA a demandé officiellement des informations sur ces opérations présumées, et une campagne scientifique prévue pour la fin de l'été 1992 devrait apporter des précisions.

### Accidents et pertes en mer

Des accidents ou des pertes en mer dus à des sources radioactives peuvent entraîner des rejets



directs de radionucléides dans le milieu marin. Ces sources sont les suivantes:

- réacteurs nucléaires servant à la propulsion de navires de surface et de sous-marins;
- armes nucléaires transportées par des navires de surface, des sous-marins, des avions et des fusées;
- générateurs isotopiques servant à produire de l'électricité pour les aides à la navigation marine, les stations météorologiques automatiques et les engins spatiaux;
- sources radioactives scellées utilisées pour les études techniques, la construction, la prospection et l'extraction du pétrole et du gaz;
- cargaisons de matières radioactives en transit.

La version préliminaire d'un document sur les accidents ayant entraîné le rejet de matières radioactives dans le milieu marin a été présentée à la dernière réunion consultative des signataires de la Convention de Londres. Il était fondé sur des travaux publiés, et certains des accidents qu'il signalait ont été confirmés officiellement par les parties contractantes à la Convention. Le document recevra sa forme définitive lorsque des renseignements complémentaires auront été obtenus. Il décrit les accidents survenus en mer, en précisant leur lieu, les quantités de matières radioactives en cause et la surveillance radiologique effectuée (voir la carte).

La propulsion nucléaire pour les navires de haute mer a commencé à se développer dans les années 50,

stimulée par la perspective d'une plus grande autonomie. En cas d'accident, on peut postuler un certain nombre de conséquences, y compris la fuite de quantités significatives de radionucléides et, dans le pire des cas, la perte du navire avec son réacteur nucléaire sur le fond de la mer.

Ni perte de navire civil à propulsion nucléaire ni fuite accidentelle dans le milieu marin n'a été signalée. En revanche, quatre sous-marins militaires à propulsion nucléaire ont été officiellement déclarés perdus dans l'Atlantique depuis 1963. Du fait de la profondeur à laquelle se trouvent les réacteurs nucléaires (plus de 1500 mètres), il n'a pas encore été possible de les récupérer. La coque en acier étanche des cuves des réacteurs, conçue pour contenir la contamination résultant des conditions d'exploitation normale ou accidentelle, devrait limiter la quantité de radionucléides rejetés dans le milieu marin. Si la perte de ces quatre sous-marins nucléaires a été officiellement confirmée, d'autres pertes ont été signalées mais non confirmées.

On ignore combien d'armes nucléaires ont été perdues dans ces accidents, mais des matières nucléaires utilisées dans de telles armes et ces armes elles-mêmes ont été officiellement signalées comme perdues en mer à la suite de pertes d'avions et de fusées militaires. Une arme nucléaire a été récupérée, les autres se trouvant à de grandes profondeurs et en des endroits dont on ne connaît qu'approximativement les coordonnées.

**Lieux des accidents signalés survenus en mer et dus à des matières radioactives**

La base de données  
élaborée par l'AIEA  
fournira  
des informations sur  
les pertes en mer.  
(Photo: CEA)



Les accidents liés à des engins spatiaux peuvent eux aussi entraîner une contamination directe ou indirecte du milieu marin. Quatre engins spatiaux à propulsion nucléaire se sont perdus au-dessus de la mer. Trois d'entre eux avaient à bord des générateurs isotopiques contenant du plutonium 238. L'un s'est volatilisé lors de sa rentrée dans l'atmosphère, provoquant une contamination étendue de faible niveau, et deux sont tombés dans la mer. Sur ces derniers, l'un a été récupéré et n'a donné lieu à aucun rejet dans l'environnement, l'autre repose encore sur le fond de la mer. Le quatrième engin, qui contenait un réacteur à uranium enrichi (uranium 235), est rentré dans l'atmosphère terrestre à la suite d'une anomalie de fonctionnement. On pense que le cœur du réacteur s'est brisé et que les débris sont tombés dans l'Atlantique Sud.

On utilise couramment des sources de rayonnements scellées dans l'industrie du pétrole et du gaz en mer, par exemple à des fins de radiographie et de diagraphie des sondages, ainsi que comme aides à la navigation marine. Plusieurs de ces sources ont été perdues à la suite d'accidents de navigation, en cours de transport ou lors de l'endommagement d'installations de forage. En principe, du fait de l'emballage et des propriétés du confinement, les rejets s'étaleront sur une longue période et ces incidents auront des conséquences radiologiques relativement mineures. Certaines de ces sources ont été récupérées intactes, mais les autorités nationales avaient jugé de toute façon que leur récupération n'était pas nécessaire.

On s'est également inquiété de la sûreté du transport des matières radioactives. Depuis 1989, l'AIEA dispose d'un système informatisé de notification des accidents et des incidents, couvrant tous les envois

de matières radioactives. Dans la catégorie des navires de surface civils, un navire a sombré avec sa cargaison de matières nucléaires dans des eaux peu profondes en 1984, mais il a été récupéré avant que l'environnement puisse être contaminé.

Des enquêtes radiologiques, avec échantillonnage de l'eau de mer, des sédiments et des organismes vivant au fond de la mer, sont effectuées périodiquement au voisinage des lieux où se sont produits des accidents, principalement des accidents de sous-marins. Jusqu'à présent, les données de la surveillance n'ont pas révélé d'excédents de radionucléides supérieurs à ceux qui résultent des retombées d'essais d'armes nucléaires, sauf dans certains échantillons recueillis à proximité de l'épave.

#### Elaboration de la base de données sur l'inventaire

L'AIEA mettra tout en œuvre pour répondre à la demande de la Convention de Londres de tenir un inventaire des déchets radioactifs pénétrant dans le milieu marin. La base de données sur les opérations d'immersion de déchets faiblement radioactifs sera complétée dans l'avenir proche, si les opérations d'immersion présumées dans les mers arctiques sont confirmées. L'élaboration de la base de données sur les accidents et les pertes en mer suppose une importante contribution des Etats membres de l'AIEA. Pour le moment, l'inventaire contient de nombreuses données sur les accidents qui ont été portés à la connaissance du public, mais non officiellement confirmés.