

6 - 39 ALIMENTATION EN PRODUITS CARNES DES COSMONAUTES FRANCAIS PREPARES EN VUE DES VOYAGES SPATIAUX PAR L'U.R.S.S. EN 1982 ET PAR LES E.-U. EN 1985

Prof. dr. CATSARAS Marc, INSTITUT PASTEUR DE LILLE ; Dr. LUIGI René, Vétérinaire-Biologiste en chef, SCERCAT ; Dr. GREBOT Daniel, Labo. Recherche ETŞ MOREY J.-FRANCE-

INTRODUCTION

L'alimentation dans l'espace est considérée depuis longtemps comme un domaine, peut-être insolite, mais fort intéressant et digne de recherches particulières. C'est ainsi qu'entre autres, un ouvrage de vulgarisation ("Le Guide de la Diététique", par le Dr. Emile-Gaston PEETERS, Collection Marabout) consacre, dès 1971, une page à cette question ; il y est prévu que, malgré les sévères contraintes spatiales, la gastronomie gardera ses droits, et que la solution du problème ne consistera pas à utiliser des "pilules" nutritives concentrées.

La France étant reconnue par beaucoup comme le pays de la gastronomie par excellence, et les produits carnés constituant une base essentielle de l'alimentation des français, il nous a paru intéressant de mettre à la disposition des chercheurs mondiaux les informations et résultats que nous avons rassemblés à l'occasion des lancements des Cosmonautes français lors de vols habités, lancements auxquels deux d'entre nous ont été étroitement associés pour la partie "alimentaire". L'opération soviétique de 1982, du moins dans sa partie "alimentaire", a été motivée par le fait que chaque fois auparavant que l'Agence spécialisée Intercosmos avait à prévoir le lancement dans l'espace d'un Cosmonaute étranger, une tradition bien établie voulait qu'au cours du séjour en SALIOUÏ soit consommé par l'invité - et par ses collègues soviétiques s'ils y consentaient - un repas typique de la cuisine de son pays. Il s'était agi jusqu'à présent uniquement de ressortissants appartenant au COMECON ; c'est ainsi qu'il y avait eu dans l'espace un repas hongrois, un repas roumain, un repas polonais, etc... Pour la première fois, il était question d'un occidental, et il fallait donc, cette fois, un "repas français de l'espace" et s'agissant de la France, la gastronomie la plus fine était de rigueur.

Le "problème américain" de 1985 a été différent. En effet, la tradition du repas de l'espace de la nationalité invitée n'existait pas. Nous devons cette réalisation à l'insistance, voire l'opiniâtreté du Cosmonaute français Patrick BAUDRY, prévu pour l'opération CHALLENGER : il voulait aussi un repas français pendant son vol.

Limites de l'étude - Le protocole d'accord signé en 1982 avec les experts soviétiques nous interdit la publication unilatérale de documents relatifs aux résultats du vol. La présente communication sera donc limitée à des informations (spécifications et contraintes soviétiques d'une part, américaines d'autre part ; recherches en laboratoire des moyens d'y satisfaire, etc...) qui se rapportent aux phases antérieures au vol proprement dit. Par ailleurs, elle concerne uniquement les aspects gastronomique et technologique ; l'aspect nutritionnel a été traité dans d'autres instances.

MATERIELS ET METHODES

Pour satisfaire les besoins en la matière, les travaux soviétiques et américains ont abouti à la mise en place d'une alimentation que l'on peut considérer comme très voisine de celle qui est la règle sur terre. Du côté américain, les mises au point technologiques les plus intéressantes ont été effectuées pour les vols APOLLO : multiplication des aliments deshydratés, desséchés, thermostabilisés et même irradiés ; un conditionnement particulier, l'"AP. SPOONBOWL" rend possible à l'aide d'une cuillère la consommation de plats chauds. A partir d'APOLLO 10 les menus, conservés dans un garde-manger, peuvent être choisis par les astronautes. Avec SKYLAB et SHUTTLE (la navette), l'évolution se poursuit : utilisation de conserves en boîte aluminium à ouverture facile, présence de moyens de réfrigération et de mise en température - d'abord par conduction, puis dans des fours à convection - diversification des mets proposés, installation d'un coin-cuisine (la "Galley").

Les programmes SOYOUZ et SALIOUT, caractérisés par la durée de certains vols, sont l'occasion pour les soviétiques d'utiliser et de diversifier les aliments en tubes, en bouchées, utilisés depuis longtemps mais aussi les aliments deshydratés ou apertisés, les boissons en poudre. Les boîtes métalliques sont réchauffées par conduction ; un coin-repas est aménagé. Les vaisseaux PROGRESS permettent le ravitaillement de la station orbitale en vivres frais. La qualité organoleptique des produits soviétiques apertisés doit être soulignée.

En l'absence de Centre français de fabrication spécialisé - à la différence de l'U.R.S.S. et des E.-U. -, il incombait aux spécialistes et aux industriels français de mener à bien la préparation d'un menu typiquement français, correspondant au goût français, qui satisfasse à des contraintes de trois ordres : environnement spatial, innocuité et salubrité, qualité microbiologique. Ces contraintes sont étudiées avec, comme base, les exigences soviétiques.

1 - CONTRAINTES RELATIVES A L'ENVIRONNEMENT SPATIAL : Un premier ordre d'exigences soviétiques a porté sur des contraintes physiques et mécaniques étrangères aux pratiques courantes des conserveurs : résistance à une congélation de - 50°C (caractères gastronomiques compris), ce qui a nécessité une sélection très poussée des matières premières.

- satisfaction d'impératifs spéciaux de sécurité (matériaux ni inflammables, ni explosifs, ni toxiques).
- divers impératifs technologiques. Ceux-ci ont été satisfaits après plusieurs mois de recherche grâce aux Laboratoires de l'Armée française : C.E.R.M.A. du Service de Santé des Armées, et S.C.E.R.C.A.T. (Service Central d'études et de Réalisations du Commissariat de l'Armée de Terre). Les impératifs les plus importants sont résumés dans le tableau (ci-contre), et les points les plus marquants sont illustrés par les chiffres suivants :

- 1) accélérations - vibrations - les accélérations varient de + 6 g à - 3 g ; les fréquences vibratoires couvrent une plage de 5 à 2 000 HZ pendant des temps plus ou moins longs.
- 2) pression - les emballages doivent résister à des pressions fortes (950 mm de Hg) et faibles (250 mm de Hg), mais aussi à des dépressurisations, la vitesse de variation de pression étant de 10 mm de Hg/sec.
- 3) apesanteur ou impesanteur. Le prix de revient du kg de matériel mis en orbite explique toutes les limitations en poids et volumes. Le lot d'aliments français ne devait pas peser plus de 4 kg, conteneurs compris. La consistance définie pour les aliments dépend aussi de ce facteur capital : l'apesanteur !
- 4) température, humidité - la température en station peut varier entre + 5°C et + 40°C. Les aliments doivent conserver leurs caractéristiques après passage à des températures comprises entre ± 50°C. L'humidité relative est variable, au sol ou en vol : entre 10 et 90 %, voire plus. D'une manière générale, quel que soit le type de denrée étudié, sa consistance et/ou son conditionnement doivent être conçus de telle sorte que l'aliment ne puisse ni flotter librement dans la cabine, ni produire des miettes, particules, bulles et autres gouttelettes. L'étiquetage et le mode d'emploi sont explicites. L'utilisation est aussi la plus simple que possible, la facilité d'emploi étant considérée comme un impératif majeur dans la relation homme-aliment.

2 - CONTRAINTES RELATIVES A L'INNOUITE ET A LA SALUBRITE : Pour les conserves une stérilité biologique pratiquement totale était exigée, la valeur stérilisation Fo devant être de 12 pour les charcuteries et de 15 pour les plats cuisinés, et il fallait en même temps sortir des produits de très haute qualité gastronomique. Pour résoudre ce problème, de nombreux mois de recherche furent nécessaires et il fallait faire appel à deux séries d'innovations technologiques : a) techniques de stérilisation "haute et courte" (high-short) poussées à l'extrême degré : + 140 à 145° C pendant quelques minutes seulement, avec strict respect, donc surveillance

IMPERATIFS TECHNOLOGIQUES	
Relations	aliment-Vol et ambiance spatiale
- accélérations	
- vibrations	
- pression	
- impesanteur	
- température	
- humidité	
- atmosphère	
Relations	aliment-Système de bord
- poids et volume disponibles	
- alimentation en eau	
- protection par les emballages	
- conditions de stockage	
- conditions de préparation	
- conditions d'emploi	
- temps disponible...	

scrupuleuse de l'exécution du barème.

b) choix très sélectif, draconien des matières premières. Il a fallu sélectionner viandes, abats et ingrédients pour sauces particulièrement conducteurs, et effectuer de nombreux essais de la pénétration de la chaleur en boîte.

c) réalisation de toutes les opérations dans un environnement sélectionné, spécialement prévu et soigneusement vérifié par les experts soviétiques.

3 - CONTRAINTES D'ORDRE MICROBIOLOGIQUE

Les différentes recherches exigées en fonction des produits à examiner ont été fixées, avec les spécifications correspondantes, ainsi qu'il suit pour les examens effectués par les Soviétiques :

- 1 - 1 - Conserves dont le pH \geq 4,4 :
 - 2 - bactéries mésophiles aérobies, aérobies-anaérobies facultatives = absence (à l'exception des bacilles porteurs de spores de type "subtilis").
 - 3 - bactéries mésophiles anaérobies = absence
 - 4 - bactéries thermophiles aérobies et aérobies-anaérobies facultatives = absence dans les aliments destinés au contrôle
 - 5 - bactéries thermophiles anaérobies = idem 4
 - 8 - bactéries totales = 10 colonies par g au maximum de bacilles porteurs de spores du type "subtilis".
- 1 - 2 - Conserves dont le pH $<$ 4,4 :
 - 6 - moisissures = absence
 - 7 - levures = absence
- 1 - 3 - Lait et laitages faits avec des bactéries lactiques :
 - 9 - bactéries du groupe colibacille = absence
 - 10 - bactéries du groupe Salmonella = absence
 - 11 - staphylocoques aérobies et aérobies-anaérobies facultatifs pathogènes : 5 000 par g au maximum
- 1 - 4 - Saucisson à fumage froid :
 - 9 = idem 1-3 ; 10 = idem 1-3 ; 11 = idem 1-3
 - 12 - bactéries du groupe Proteus = absence
 - 13 - toxine botulinique = absence
- 1 - 5 - Concentrés de fruits, fruits secs (noix, par exemple) :
 - 6 - moisissures = 50 par g au maximum
 - 9 - bactéries du groupe colibacille = absence

Les techniques de recherches sont décrites en détail dans le protocole technique. Les procédures de recherche sont parfois spéciales, les milieux utilisés sont quelquefois particuliers, mais, dans l'ensemble les méthodes appliquées sont tout à fait comparables aux méthodes françaises.

Les méthodes d'analyse françaises admises par le protocole franco-soviétique élaboré à Moscou du 8 au

11 Octobre 1981 sont décrites :

- pour le prélèvement aseptique dans chaque boîte examinée, dans la norme AFNOR NF V/08/403 d'Avril 1980

- pour l'ensemencement bactériologique global, dans la norme AFNOR NF V/08-011 de Novembre 1978.

- pour la mise en évidence des différentes bactéries, dans l'enseignement du Pr BUTTIAUX à l'Institut Pasteur de Lille. Cependant, par souci d'harmonisation avec les méthodes soviétiques, les températures d'incubation des boîtes, et les températures d'incubation des milieux de culture inoculés (37°C pour les mésophiles, et 60°C pour les thermophiles) ont été celles des Soviétiques.

Pour répondre aux EXIGENCES AMERICAINES, il fut également nécessaire de respecter de nombreuses caractéristiques, mais les contraintes furent moindres, car :

- si la gastronomie était aussi de rigueur, la compatibilité de celle-ci avec une stérilité poussée avait déjà été résolue grâce à l'opération franco-soviétique

- et, pour ce qui était des contraintes mécaniques et physiques concernant les aliments imposées par les Soviétiques, la comparaison des spécificités techniques exigées par INTERCOSMOS avec celles de la NASA, comparaison effectuée par les Services techniques de la NASA, à Houston, Texas, a permis d'établir que les contraintes américaines ne sont pas plus sévères.

4 - LES PRODUITS EXAMINES ET LES MODALITES D'ANALYSES :

Les produits à base de chair d'animaux préparés par la même entreprise française, et retenus lors de la sélection effectuée par les Soviétiques sont les suivants : Crème de Crabe, Pâté de campagne village, Pâté au poivre vert, Civet de Lièvre à l'Alsacienne et, en réserve, Langouste à l'Armoricaine. Ce sont ces produits qui font l'objet de la présente étude. D'autres produits provenant d'autres firmes avaient également été retenus : Pain de mie et Pain de seigle, Crème dessert au chocolat en conserve, Pâtes de fruits (bâtonnets et palets), fromage fondu (Cantal).

Pour les 5 produits à base de chair d'animaux, le conditionnement est réalisé en boîtes aluminium, vernies intérieurement, embouties-serties, \varnothing 70 mm, h = 28 mm, poids brut \approx 100 g. Les conditions d'échantillonnage, d'essai de stabilité et d'examen bactériologique ont été les suivantes (du côté français) :

- pour chaque produit, la fabrication (lot d'essai, puis lot de vol) est fixée à 200 unités.

- pour le lot d'essai, 150 unités subissent les épreuves de conservation de longue durée, à savoir : 5 jours à + 30°C, puis 30 jours à + 25°C, puis 54 jours à + 20°C ; 50 unités servent à l'examen des caractères organoleptiques en cours de conservation. Un examen bactériologique initial est pratiqué avant conservation, et un examen final l'est après conservation.

- pour le lot de vol, il y a un seul examen bactériologique de réception

- examen bactériologique : recherche des bactéries thermophiles (3 boîtes, incubées 2 jours à + 60°C ; 3 boîtes incubées 8 jours à + 55°C).

recherche des bactéries mésophiles (3 boîtes incubées 3 jours à + 37°C ; 3 boîtes incubées 8 jours à + 30°C).
 mesure du pH sur les différentes boîtes : "témoins" non étuvées, et étuvées à + 37, + 55 et + 60°C.
 Recherche de Clostridium botulinum et de la toxine botulinique sur 5 boîtes du lot de vol.
 Deux séries d'examen ont été effectuées : l'une par le S.C.E.R.C.A.T., l'autre par l'usine de fabrication. Pour les 5 produits destinés au vol franco-américain, une seule série d'examen est pratiquée par l'usine de fabrication. Le lot d'essai et le lot de vol sont examinés ainsi qu'il suit : recherche des bactéries mésophiles (6 boîtes incubées 30 jours à + 30°C) et thermophiles (4 boîtes, 10 jours à + 55°C).

RESULTATS

Les résultats obtenus, pour le vol franco-soviétique, par le S.C.E.R.C.A.T. et par l'usine de fabrication sont rassemblés dans le Tableau I, ceux obtenus pour le vol franco-américain, par l'usine de fabrication dans le Tableau II.

TABLEAU I - RESULTATS D'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE OBTENUS PAR LE S.C.E.R.C.A.T. ET PAR L'USINE DE FABRICATION POUR LES PRODUITS SELECTIONNES EN VUE DU VOL FRANCO-SOVIETIQUE

	Recherche des bactéries mésophiles aérobies	Recherche des bactéries anaérobies	Recherche des bactéries thermophiles aérobies	Recherche des bactéries thermophiles anaérobies	Dénombrement bactériologique total
<u>LOT D'ESSAI</u>					
CREME DE CRABE	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g
PATE DE CAMPAGNE	négative (1)	négative	négative	négative	0 dans 1 g (2)
PATE POIVRE VERT	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g
CIVET LIEVRE ALSACIENNE	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g (3)
LANGOUSTE ARMORICAINE	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g
<u>LOT DE VOL (4)</u>					
CREME DE CRABE	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g
PATE DE CAMPAGNE	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g
PATE POIVRE VERT	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g
CIVET LIEVRE ALSACIENNE	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g
LANGOUSTE ARMORICAINE	négative	négative	négative	négative	0 dans 1 g

Résultats divergents observés dans l'usine de fabrication : 1) présence de quelques bacilles de type "subtilis", 2) 2 colonies par 1 g dans 1 boîte, 0 dans les autres ; 3) 1 colonie par 1 g dans 1 boîte, 0 dans les autres.
 Remarque 4) - recherche de Cl. botulinum et sa toxine dans 5 boîtes des lots de vol de chaque produit = négative.

TABLEAU II - RESULTATS D'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE OBTENUS PAR L'USINE DE FABRICATION POUR LES PRODUITS SELECTIONNES EN VUE DU VOL FRANCO-AMERICAIN

	Recherche des bactéries mésophiles aérobies	Recherche des bactéries anaérobies	Recherche des bactéries thermophiles aérobies	Recherche des bactéries thermophiles anaérobies
<u>LOT D'ESSAI ET LOT DE VOL</u>				
CREME DE CRABE	négative	négative	négative	négative
PATE DE CAMPAGNE	négative	négative	négative	négative
PATE POIVRE VERT	négative	négative	négative	négative
CIVET LIEVRE ALSACIENNE	négative	négative	négative	négative
LANGOUSTE ARMORICAINE	négative	négative	négative	négative

Résultats d'ordre gastronomique :

L'un des objectifs principaux de l'opération, qui était la réalisation d'un type de repas de haute qualité gastronomique représentatif de notre pays, a été parfaitement atteint. Ceci a pu être démontré grâce aux appréciations portées sur ces produits par les Cosmonautes eux-mêmes, tant soviétiques qu'américains que français, ainsi que par diverses personnalités, comme, par exemple, l'ensemble des Ministres européens de la Recherche.
 Mais le résultat hautement satisfaisant obtenu a été aussi évalué par des Jurys de dégustation dûment sélectionnés et entraînés. Aux fins de conclusions, les résultats des dégustations ont été exploités statistiquement par les méthodes standardisées de l'A.F.N.O.R. (Association Française de Normalisation), notamment par des essais par notation, des essais triangulaires, des essais de comparaison par paires. Lorsque ces essais requéraient l'usage de témoins, il fut fait appel pour constituer ces témoins gastronomiques aux réalisations non appertisées de grands chefs de cuisine français de renommée nationale et internationale.

DISCUSSION

Compte tenu de l'objectif assigné lors de la préparation du vol franco-soviétique de 1982, à savoir la confection d'un repas complet typiquement français, et qui plus est parfaitement représentatif de la gastronomie française au niveau le plus élevé, tel que beaucoup d'étrangers se l'imaginent, il y avait de très grands risques à tenir une telle gageure, alors même que ces produits ne pouvaient être présentés sous forme de conserves, et de conserves dont il était exigé qu'elles soient caractérisées de façon impérative par une stérilité biologique quasi-totale. C'était, au départ, demander presque de résoudre un problème du type "quadrature du cercle". Et pourtant, la stérilité biologique quasi-totale a été obtenue grâce aux méthodes spéciales employées

(sélection des matières premières et barèmes de stérilisation inhabituels), tout en réussissant à fournir des produits à base de chair d'animaux d'une qualité gastronomique reconnue par tous. Ce point, essentiel car sans cela rien n'aurait été possible, mérite d'être tout particulièrement souligné.

L'autre point fort de la réalisation est l'application réussie de barèmes de stérilisation caractérisés par une stérilisation "haute et courte" poussée à l'extrême (+ 140 à + 145° C pendant quelques minutes) ; ces barèmes ne sont pas d'un usage courant dans l'industrie des produits carnés, alors qu'ils sont largement appliqués dans d'autres industries, l'industrie laitière, par exemple. Dans le cas particulier, la démonstration est faite une fois de plus que de tels barèmes sont particulièrement efficaces pour obtenir une stérilité quasi totale, tout en conservant aux produits de très hautes qualités gastronomiques.

Mais, il est tout aussi certain que l'utilisation de tels barèmes de stérilisation n'est pas possible actuellement en conserverie courante. Il faut reconnaître que, dans notre expérience, nous avons pu bénéficier de circonstances très favorables : fabrications réalisées spécialement, avec tout ce que cela implique de dérogations à la pratique journalière ; réalisation de petits lots et, enfin utilisation, obligée certes pour des raisons d'environnement spatial, de boîtes de petit format. Il n'en reste pas moins que la mise au point pratique (systèmes de circulation des denrées, appareils, etc...) d'une technique de stérilisation "haute et courte" pour l'industrie carnée devrait constituer une voie de recherche privilégiée.

Enfin, il est un dernier point qui mérite attention : les protocoles définitifs ont été connus en Octobre 1981 et les fabrications pour les lots de vol ont été fournies en Avril 1982. C'est donc en six mois que les industriels concernés ont mis complètement au point les produits sélectionnés.

CONCLUSIONS

Les industriels français ont dû, dans ces conditions particulièrement difficiles, réaliser la préparation d'un repas typiquement français, de très haut niveau gastronomique, afin de satisfaire les autorités soviétiques, à l'occasion du vol spatial franco-soviétique de 1982. Ils y sont arrivés. L'expérience a été renouvelée avec le même succès, à l'occasion de la préparation du vol franco-américain de 1985. Les produits à base de chair d'animaux, qui font l'objet de cette étude : Crème de crabe, Pâté de Campagne Village, Pâté au poivre vert, Civet de lièvre à l'Alsacienne, Langouste à l'Armoricaine, ont particulièrement été appréciés par tous. Il y avait un défi technologique à relever ; il l'a été de façon tout à fait satisfaisante.