

EUR 2520.f

ASSOCIATION
COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE — EURATOM
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE — C.E.A.

**NIVEAUX DE CONTAMINATION
RADIOACTIVE DU MILIEU AMBIANT
ET DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE**

RAPPORT ANNUEL 1964

LIBRARY COPY

1965



**Rapport établi au Centre d'Études Nucléaires de Fontenay-aux-Roses, France
Département Protection Sanitaire**

Association N° 003-63-10 PSAF

AVERTISSEMENT

Le présent document a été élaboré sous les auspices de la Commission de la Communauté Européenne de l'Énergie Atomique (EURATOM).

Il est précisé que la Commission d'EURATOM, ses cocontractants ou toute personne agissant en leur nom :

- 1° — Ne garantissent pas l'exactitude ou le caractère complet des informations contenues dans ce document, ni que l'utilisation d'une information, d'un équipement, d'une méthode ou d'un procédé décrit dans le présent document ne porte pas atteinte à des droits privatifs.
- 2° — N'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés divulgués dans le présent document.

Ce rapport est vendu au prix de 50 francs belges, sur demande adressée à : PRESSES ACADÉMIQUES EUROPÉENNES, 98, chaussée de Charleroi, Bruxelles 6.

Le paiement se fait par versement à :

- BANQUE DE LA SOCIÉTÉ GÉNÉRALE (Agence Ma Campagne) — Bruxelles — compte n° 964.558,
- BELGIAN AMERICAN BANK AND TRUST COMPANY — New York — compte n° 22.186,
- LLOYDS BANK (EUROPE) Ltd. — 10 Moorgate, London E.C.2,

en mentionnant la référence : "EUR 2520.f — « NIVEAUX DE CONTAMINATION RADIOACTIVE DU MILIEU AMBIANT ET DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE »

Achévé d'imprimer par Ceuterick, Louvain
Bruxelles, décembre 1965.

EUR 2520.f

ASSOCIATION
COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE — EURATOM
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE — C.E.A.

**NIVEAUX DE CONTAMINATION
RADIOACTIVE DU MILIEU AMBIANT
ET DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE**

RAPPORT ANNUEL 1964

1965



**Rapport établi au Centre d'Études Nucléaires de Fontenay-aux-Roses, France
Département Protection Sanitaire**

Association N° 003-63-10 PSAF

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	7
INTRODUCTION.	8
1 — ÉTUDES DE BIOLOGIE HUMAINE	9
2 — TRAITEMENT MATHÉMATIQUE DES DONNÉES BIOLOGIQUES	11
3 — ÉTUDE DES RÉGIMES ALIMENTAIRES	12
(1 TABLEAU ET 5 GRAPHIQUES CORRESPONDANTS)	14-19
4 — ÉTUDES DES TRANSFERTS DE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE DU MILIEU POLLUÉ AUX PRODUITS ALIMENTAIRES	19
CONCLUSIONS	28

ANNEXES

I — Établissements, Organismes ou Personnalités participant aux travaux de l'Association dans le cadre d'un sous-contrat de recherche	29
II — Liste des rapports scientifiques :	
— publiés ou en instance de publication	30
— rapports internes.	30

COMPOSITION DU COMITÉ DE GESTION

Président	:	Dr RECHT	(EURATOM)
Vice-Président	:	Dr JAMMET	(C.E.A.)
Secrétaire	:	M. BRESSON	(C.E.A.)
Membre	:	M. VAN HOECK	(EURATOM)
Membre	:	M. CARPENTIER	(EURATOM)
Membre	:	M. ROGNON	(C.E.A.)

COMPOSITION DU GROUPE DE RECHERCHE

Chef du Groupe de Recherche : G. LACOURLY

Biologie Humaine	:	M.L. KARHAUSEN
Nutrition	:	M.M. CRESTA
Agronomie	:	M.J. LEHR
Physiologie Animale	:	M.J. VAN DEN HOEK
Physique sanitaire et mathématique	:	M.G. VACCA Mme A. GARNIER
Calcul	:	M.J.P. BAZIN
Études statistiques	:	M.S. LEDERMANN (Consultant)
Documentation	:	Melle R. STOCK M.R. HAMMER Melle M.A. BOMBACE
Secrétariat	:	Mme G. DEVENON

CONSULTANTS SCIENTIFIQUES

Prof. BIGWOOD	Professeur émérite et Recteur honoraire de l'Université de Bruxelles, 48, rue Emile Bouillot, Bruxelles.
Prof. SCHUFFELEN	Professeur à la Landbouwhogeschool, Laboratorium voor Landbouwscheikunde, De Dreijen 3, Wageningen (Pays-Bas).
Dr MOLITOR	Directeur de la Santé Publique, Laboratoire d'État, 1A, rue Auguste Lumière, Luxembourg (Gd Duché de Lux.).
Dr POLVANI	Directeur de la Division Biologica e Protezione Sanitaria, C.N.E.N., Via Belisario, 15, Roma (Italia).
Prof. GEDDA	Directeur de l'Istituto Gregorio Mendel, Piazza Galeno, 5, Roma (Italia).

- Prof. PELSSENKE Directeur du Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung,
Am Schützenberg, 9, Detmold (Allemagne).
- Prof. KUPRIANOFF Directeur du Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung,
Kaiserstrasse, 12, Karlsruhe (Allemagne).
- Prof. BUGNARD Directeur du Département de Biologie et Santé, C.E.A.,
29-33, rue de la Fédération, Paris (France).
- M. MOCQUOT Directeur de la Station Centrale de Recherches Laitières et de Technologie
des Produits Animaux,
Centre National de Recherches Zootechniques,
Domaine de Vilvert, Jouy-en-Josas (S. et O.) (France).

NIVEAUX DE CONTAMINATION RADIOACTIVE DU MILIEU AMBIANT ET DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE (*)

AVANT PROPOS

Il est bien connu que les substances radioactives rejetées dans le milieu (air, eau, sol), sont susceptibles de parvenir à l'homme principalement par la voie de la chaîne alimentaire.

Dans ces conditions, les problèmes qui se posent aux services de surveillance sont d'une extrême complexité. En effet, en l'état actuel de nos connaissances, la surveillance la plus efficace reste celle qui s'exerce directement sur l'homme, tandis que les mesures de protection éventuelles se situent le plus généralement au niveau de la source de pollution, c'est-à-dire à l'autre extrémité de la chaîne. Entre les deux extrémités se situe le contrôle des produits alimentaires et les mesures éventuelles susceptibles d'être appliquées directement à ces produits. Le but vers lequel on doit tendre est évidemment de faire en sorte que le contrôle s'exerce uniquement au niveau des sources de pollution, de telle façon que l'on ait l'assurance que la dose admissible fixée par les individus du public ne soit pas atteinte.

Le problème qui se pose consiste donc dans la définition des relations existant entre la concentration d'un radioélément donné dans le milieu qui reçoit la pollution et la dose d'irradiation reçue par les individus du public par voie de contamination interne.

Ces relations étant connues, il devient possible de déterminer pour une situation donnée les limites de pollution correspondant à la dose d'irradiation admissible.

Pour résoudre ce problème, un programme d'études et de recherches a été entrepris dans le cadre d'une association conclue entre la Commission d'Euratom et le Commissariat Français à l'Énergie Atomique.

Au départ, on avait pensé pouvoir distinguer deux étapes importantes dans l'étude des cheminements des substances radioactives du milieu à l'homme, à savoir :

1. l'étude du transfert des radionuclides des aliments à l'homme, visant à l'établissement des niveaux de contamination des produits alimentaires,
2. l'étude des transferts du milieu aux aliments, visant à l'établissement des niveaux de contamination du milieu ambiant.

En fait, il est apparu très vite que cette distinction était plus théorique que pratique et que les deux problèmes ne pouvaient être traités séparément.

En effet, le cheminement des substances radioactives à partir d'un milieu pollué dans les différents produits alimentaires n'est pas un phénomène aléatoire, il obéit à certaines lois, de sorte que, dans une situation donnée, les quantités de radionuclides présentes dans les différents aliments ne sont pas des variables indépendantes. Elles peuvent s'exprimer en fonction de la contamination du milieu et d'un certain nombre de paramètres qui interviennent dans le transfert et dont certains peuvent varier avec les conditions locales.

Tenant compte de ces considérations, une technique générale de calcul a été mise au point, permettant de traiter le cas le plus général où l'on se trouve en présence de plusieurs aliments contaminés par plusieurs radionuclides à partir de sources de pollution différentes.

(*) Manuscrit reçu le 17 juin 1965

La mise en oeuvre de cette méthode implique la connaissance de nombreuses données, tant sur les régions alimentaires que sur les transferts de la contamination radioactive, qui font l'objet des recherches actuellement poursuivies.

Le présent rapport résume l'activité du groupe de recherche au cours de l'année 1964.

INTRODUCTION

Au cours de l'année 1964, les études du groupe de recherches ont été guidées par le souci de mettre en oeuvre dès que possible la technique générale de calcul des niveaux admissibles qui a été mise au point en 1963, afin de concentrer ses moyens sur les recherches prioritaires.

Pour ce faire, nous avons préféré à une méthode analytique et systématique de recherche des données, une méthode sélective et progressive. L'objectif est de viser à obtenir dans tous les domaines une estimation approchée des valeurs des paramètres ou coefficients à introduire dans les calculs. L'application numérique fera apparaître l'importance relative des différents facteurs et montrera s'il est utile d'approfondir l'étude de tel ou tel paramètre dont la variation est encore mal connue.

Les études de *Biologie Humaine* visent essentiellement à compléter les données disponibles sur les facteurs physiologiques nécessaires au calcul de la dose d'irradiation délivrée à l'organisme, par suite de l'ingestion de substances radioactives, en déterminant notamment les valeurs à prendre en considération pendant la période de croissance.

Les études entreprises en 1963 sur les problèmes posés par le tractus gastro-intestinal et le métabolisme de l'iode pendant la période de croissance ont été poursuivies et des résultats partiels obtenus.

En outre, l'étude du métabolisme des substances ostéotropes a été abordée en 1964.

Ces études sont reprises et les principaux résultats obtenus sont résumés dans le chapitre 1 du présent rapport.

Le Traitement mathématique des données biologiques a été axé presque exclusivement en 1964 sur le problème du calcul des doses délivrées au cours du transit gastro-intestinal. Une méthode de calcul a été mise au point et une application a été tentée au cas des enfants. Cette étude est résumée dans le chapitre 2 du rapport.

L'étude des données sur *la nutrition et les habitudes alimentaires* a été poursuivie activement. Les enquêtes alimentaires entreprises en 1963 dans différentes régions de la Communauté Européenne ont été achevées en 1964.

Des résultats partiels sur la consommation moyenne obtenus à partir d'un échantillon limité ont été obtenus dans quatre régions. Un aperçu de ces résultats est donné dans le chapitre 3 de ce rapport.

L'étude des transferts de la contamination radioactive du milieu pollué aux produits alimentaires, enfin, a été abordée dans l'optique nouvelle, définie plus haut. Une première approche est tentée à partir des données apportées par les services de surveillance des pays de la Communauté Européenne, tandis qu'un programme de recherches complémentaires appropriées est étudié dans le double but de permettre une meilleure exploitation des mesures de la surveillance tout en précisant certaines corrélations.

Ces travaux font l'objet du chapitre 4 de ce rapport.

1 — ÉTUDES DE BIOLOGIE HUMAINE

Les études entreprises en 1963 sur les vitesses de transit dans le tractus gastro-intestinal et sur le métabolisme de l'iode chez les enfants ont été poursuivies en 1964. Le problème du métabolisme du strontium et des autres substances ostéotropes a, d'autre part, été abordé.

1.1. — Études de la vitesse de transit dans le tractus gastro-intestinal

Deux études ont été entreprises, l'une sur les enfants, l'autre sur les adultes.

1.1.1 — Enfants

Une première étude confiée au Professeur Lefebvre, Chef du Service Central d'Électroradiologie à l'hôpital des Enfants Malades à Paris, a été achevée et a donné les résultats suivants :

Des repas barytés ont été ingérés par 62 enfants âgés de 2 mois à 14 ans, dans des conditions aussi proches que possible de la normale. Le transit a été observé au moyen de radiographies successives.

Sur les sujets âgés de moins de 18 mois, on a constaté que le temps d'évacuation gastrique et iléale était nettement plus long que chez les adultes. Ce phénomène s'affirme au-delà de 3 ans et demi.

Par contre, l'évacuation totale est plus rapide chez les enfants âgés de moins de 18 mois que chez les enfants plus âgés.

Le recrutement des sujets pour de telles études soulève certaines difficultés et des biais peuvent être introduits par leur sélection. Avant de généraliser les résultats obtenus, il paraît utile d'entreprendre une deuxième étude dans des conditions différentes pour compléter et, éventuellement, contrôler les constatations actuelles.

1.1.2 — Adultes

Une autre étude, confiée au Professeur H. Glatzel, du Max Planck-Institut für Ernährungsphysiologie à Dortmund, vise à déterminer la vitesse de transit dans le tractus gastro-intestinal chez des adultes bien portants et ses variations en fonction de la composition des repas. Au cours de cette étude, les résultats suivants ont été obtenus :

Plusieurs sujets adultes ont été soumis à quatre repas tests A,B,C,D.

A — *Protéines animales* : viande de boeuf bouillie et pâtes

B — *Protéines grasses animales* : même repas additionné de 30 g de beurre

C — *Protéines végétales* : Pommes de terre, soya, petits pois

D — *Protéines végétales et grasses animales* : même repas additionné de 30 g de beurre.

À chaque repas étaient mêlés 30 de sulfate de baryum.

Vidange gastrique

Des clichés de l'estomac ont été faits aux temps suivants : 10, 30, 60, 90, 120 minutes, etc... à 240, 300 minutes.

Le contenu de l'estomac a été déterminé par planimétrie. Les résultats montrent que la présence de graisse ralentit la vidange gastrique. Ceci peut s'expliquer, soit par un taux de sécrétion plus grand, soit par un taux de sortie ralenti, soit par une combinaison des deux.

Le temps de vidange gastrique est, par ailleurs, plus long lors d'un repas complet que lors de l'ingestion d'aliments isolés.

Dans le dernier cas, la vidange est d'ordinaire complète après 3 ou 4 heures, alors qu'il faut entre 5 et 6 heures quand il s'agit d'un repas complet.

Transit grêle et colique

L'analyse du transit a posé ici des problèmes méthodologiques qu'il n'a pas été aisé de résoudre.

Les auteurs ont utilisé une méthode d'évaluation en cinq points. La quantité totale de baryte correspond à cinq points. Un point correspond donc à un cinquième du repas baryté. Il s'agissait alors d'exprimer en cinquièmes du total, la quantité de baryte qui se trouvait chez un sujet donné et pour un cliché donné (c'est-à-dire, un temps donné) dans chacun des segments du tube digestif.

Il s'agit d'une évaluation subjective liée donc aux erreurs et biais multiples que peut introduire un observateur.

Afin de réduire les sources d'erreurs et pour diminuer le caractère subjectif de ces évaluations, la technique suivante a été utilisée : chaque cliché était présenté à trois observateurs indépendants sans que le nom du sujet, le temps du transit ne leur soient connus. Dans quatre cas, il y a eu désaccord entre les trois observateurs, et c'est alors l'opinion de la majorité qui a été choisie.

Il semble que les graisses ralentissent le transit dans le grêle lorsqu'il s'agit de protéines animales seulement. Elles n'ont pas eu d'effet dans le cas des protéines végétales. Elles accélèrent quelque peu le transit iléal. L'absorption a été totale dans le grêle dans le cas des régimes A et B, c'est-à-dire des protéines animales. Seule, la baryte dans ce groupe est parvenue au caecum.

Par contre, dans le cas des protéines végétales, l'absorption n'était pas totale au niveau du grêle, le relief muqueux était plus diffus et la baryte parvenait au caecum, mêlée de substances non absorbées, sans doute de nature cellulosique.

Ce dernier point explique peut-être pourquoi le transit était plus rapide dans les groupes C et D que dans les groupes A et B. On sait, en effet, que les aliments riches en cellulose accélèrent le transit du colon.

Pour conclure, les résultats obtenus sur les adultes au cours de cette dernière étude semblent suffisants pour estimer dans un premier temps les variations de la vitesse de transit en fonction de la composition des repas.

1.2 — Étude du Métabolisme de l'Iode dans l'organisme humain

Cette étude s'intègre dans la recherche des facteurs physiologiques à prendre en considération pour les calculs de protection radiologique.

Un programme, mis au point en 1963, est actuellement en cours de réalisation avec la collaboration des Universités de Louvain et de Rome. Il vise à déterminer les grandeurs des pools d'iode et la vitesse de leur renouvellement aux différents âges de la croissance.

Les travaux entrepris à l'Université de Louvain sont à peu près terminés et mettent en évidence les premiers résultats suivants : durant les trois premières semaines de la vie, on constate une forte hyperactivité thyroïdienne avec une forte accumulation d'iode dans la glande. L'activité thyroïdienne se ralentit ensuite et au delà du sixième mois, les valeurs trouvées sont du même ordre de grandeur que celles qui sont trouvées chez les adolescents.

Comparée à celle de l'adulte, l'activité thyroïdienne des adolescents est aussi relativement plus élevée. Enfin, l'excrétion urinaire d'iodure est nettement inférieure à celle qui est observée

en Amérique du Nord, ce qui confirme l'intérêt que présente l'enquête projetée à ce sujet dans les pays de la Communauté Européenne.

1.3 — Étude du Métabolisme du strontium et des autres substances ostéotropes

Une première investigation a montré que deux modalités sont possibles pour étudier le métabolisme des radionuclides ostéotropes en vue de déterminer les facteurs physiologiques à prendre en considération dans les calculs de protection.

La première repose sur une investigation *clinique* et vise à déterminer les éléments de la cinétique de ces substances dans l'organisme humain, c'est-à-dire les paramètres qui définissent leur distribution à l'intérieur des différents compartiments qu'ils occupent. Cette méthode d'approche qui présente l'avantage de permettre un calcul direct des facteurs de transfert nécessaire au calcul des niveaux de protection, soulève, cependant, un certain nombre de difficultés telles que le recrutement des sujets d'expérience, la mesure des paramètres des espaces où la période biologique est la plus longue, le choix d'un laboratoire doté d'un personnel entraîné et d'un équipement adapté aux recherches métaboliques. Aucune de ces difficultés n'est cependant insurmontable.

La seconde méthode d'approche est *épidémiologique*. Elle consiste à obtenir, dans une population donnée, un échantillon non biaisé de tissus osseux pour différentes classes d'âges, pour y déterminer la teneur en radionuclides ostéotropes, en même temps que l'on procède à une estimation de l'ingestion de ces mêmes radionuclides par des sujets appartenant aux mêmes classes d'âge.

Cette méthode semble particulièrement fructueuse là où la méthode cinétique fait défaut, c'est-à-dire pour analyser l'état d'équilibre ou l'approche de l'équilibre en cas de contamination chronique, notamment dans le cas du Sr 90. La mise en oeuvre de cette méthode présente aussi quelques difficultés, qui tiennent en particulier à l'échantillonnage de tissus osseux et à la pratique d'enquêtes alimentaires.

Quant aux résultats attendus, les deux méthodes apparaissent comme complémentaires et il est envisagé de faire appel à chacune d'elles. Enfin, étant donné l'ampleur du problème, on a choisi de limiter cette étude à la période de croissance postnatale. Le Sr sera étudié en priorité, conjointement avec le calcium, dont les relations avec les corps ostéotropes sont à préciser.

2 — TRAITEMENT MATHÉMATIQUE DES DONNÉES BIOLOGIQUES

Les études suivantes ont été réalisées au cours de l'année 1964:

2.1 — Analyse des vitesses de transit dans le tractus gastro-intestinal - Application au calcul des doses délivrées en cas de contamination digestive

Reprenant les données anatomiques et physiologiques disponibles sur le transit gastro-intestinal, le problème de l'irradiation des différents segments du tractus, liée à l'absorption de produits contaminés par des substances radioactives, a été abordé sur des bases nouvelles et un modèle mathématique provisoirement utilisable a été mis au point.

Tout d'abord, la localisation en fonction du temps de la masse alimentaire, en chacun des points du tractus, est mise en évidence au moyen de graphiques tandis que l'évolution de la dilu-

tion due aux sécrétions au cours du transit est représentée par la fonction

$$4 R_L = e^{1,12 L} \quad (1)$$

où : R_L est la dilution au point L

L : la distance exprimée en mètres à partir du pylore

e : la base des logarithmes népériens.

La relation qui permet d'exprimer la concentration C d'un radionuclide dans la masse alimentaire quotidienne ingérée en fonction de la dose D , délivrée aux parois du tractus gastro-intestinal en un point situé à une distance L du pylore est de la forme générale :

$$C = \frac{1,936 \times 10^{-3}}{f_L \times R_L} \times \frac{D}{T'} \quad (2)$$

où : f_L est la fraction du radionuclide parvenant au point L

R_L est la dilution de la masse alimentaire

T' énergie effective du radionuclide dans l'organe considéré.

La relation (2) permet donc, soit le calcul de la dose délivrée en un point du tractus à partir de l'ingestion d'une masse alimentaire quotidienne de contamination connue, soit inversement, le calcul de la concentration d'un radionuclide dans l'alimentation correspondant à une dose donnée, délivrée en un point du tractus gastro-intestinal.

2.2 — Essai d'étude des vitesses de transit dans l'appareil digestif des enfants

La méthode mathématique décrite plus haut a été appliquée au cas des enfants en utilisant les données récemment apportées par l'étude 1.1.1.

Un graphique du transit de l'ingérat en fonction du temps reste incomplet, et met en évidence les points de la courbe à préciser par les observations ultérieures, à savoir la fin du jéjunum, le colon transverse et le colon descendant.

Les données physiologiques enfin concernant l'absorption digestive sont pratiquement inexistantes et restent à préciser.

2.3 — Étude théorique du traitement mathématique des données de l'analyse physiologique dans un système de compartiments

Le problème de l'ajustement des courbes par la méthode des totaux partiels a fait l'objet d'une première approche.

3 — ÉTUDE DES RÉGIMES ALIMENTAIRES

La contamination interne résultant de l'ingestion des aliments est directement fonction des quantités consommées de chacun des aliments et de leur niveau de contamination respectif.

La connaissance aussi précise que possible des quantités d'aliments consommés, c'est-à-dire des régimes alimentaires est donc essentielle pour le but poursuivi.

Selon le programme exposé dans le rapport annuel précédent, des enquêtes alimentaires ont été organisées dans les différents pays de la Communauté Européenne aux points choisis sur la base des consommations les plus élevées de certains aliments présentant un intérêt particulier. Commencées en mars 1963, elles ont été achevées en janvier 1965.

Le principe consiste dans la pesée de tous les aliments consommés dans un certain nombre de familles au cours d'une semaine. Dans chacune des régions, l'enquête est répartie sur douze mois consécutifs.

Les résultats obtenus portent sur environ 9 000 familles réparties dans les onze régions suivantes :

- 948 familles dans la ville de Leeuwarden et les communes environnantes,
- 492 familles à Gent, dans le milieu agricole,
- 454 familles à Liège, dans le milieu ouvrier,
- 898 familles en Bretagne, dans le milieu agricole,
- 824 familles en Normandie, dans le milieu agricole,
- 908 familles en Vendée, dans le milieu agricole,
- 155 familles au Luxembourg, dans le milieu agricole,
- 881 familles en Carnia, dans le milieu agricole,
- 1 047 familles de la province de Salerno, dans le milieu agricole,
- 1 023 familles de la province de Matera, dans le milieu agricole,
- 1 300 familles dans les communes de Weilburg et Limburg.

Ces enquêtes ont été réalisées par soixante personnes environ recrutées par les organismes nationaux responsables, parmi les techniciens les plus qualifiés appartenant à différentes spécialités (diététiciennes, assistantes sociales, assistantes sanitaires, diplômées d'économie domestique, etc...).

Par leur nature même, de telles enquêtes présentent de nombreuses difficultés, non seulement d'ordre matériel, mais aussi d'ordre psychologique et moral, qu'il n'est pas toujours aisé de surmonter. La nécessité de visiter les familles deux fois par jour impose déjà de résider dans la localité où se déroule l'enquête. En milieu rural, les habitations des familles sont souvent dispersées et éloignées les unes des autres et il faut s'y rendre chaque jour en toute saison et par tous les temps. Dans certains cas, il a fallu vaincre certaines réticences, voire même certaines oppositions basées sur une méfiance assez courante à l'égard des enquêtes de quelque nature qu'elles soient. Toutefois, grâce à la diligence des organismes nationaux, appuyée par l'action efficace des autorités locales, toutes ces difficultés ont pu être partout surmontées.

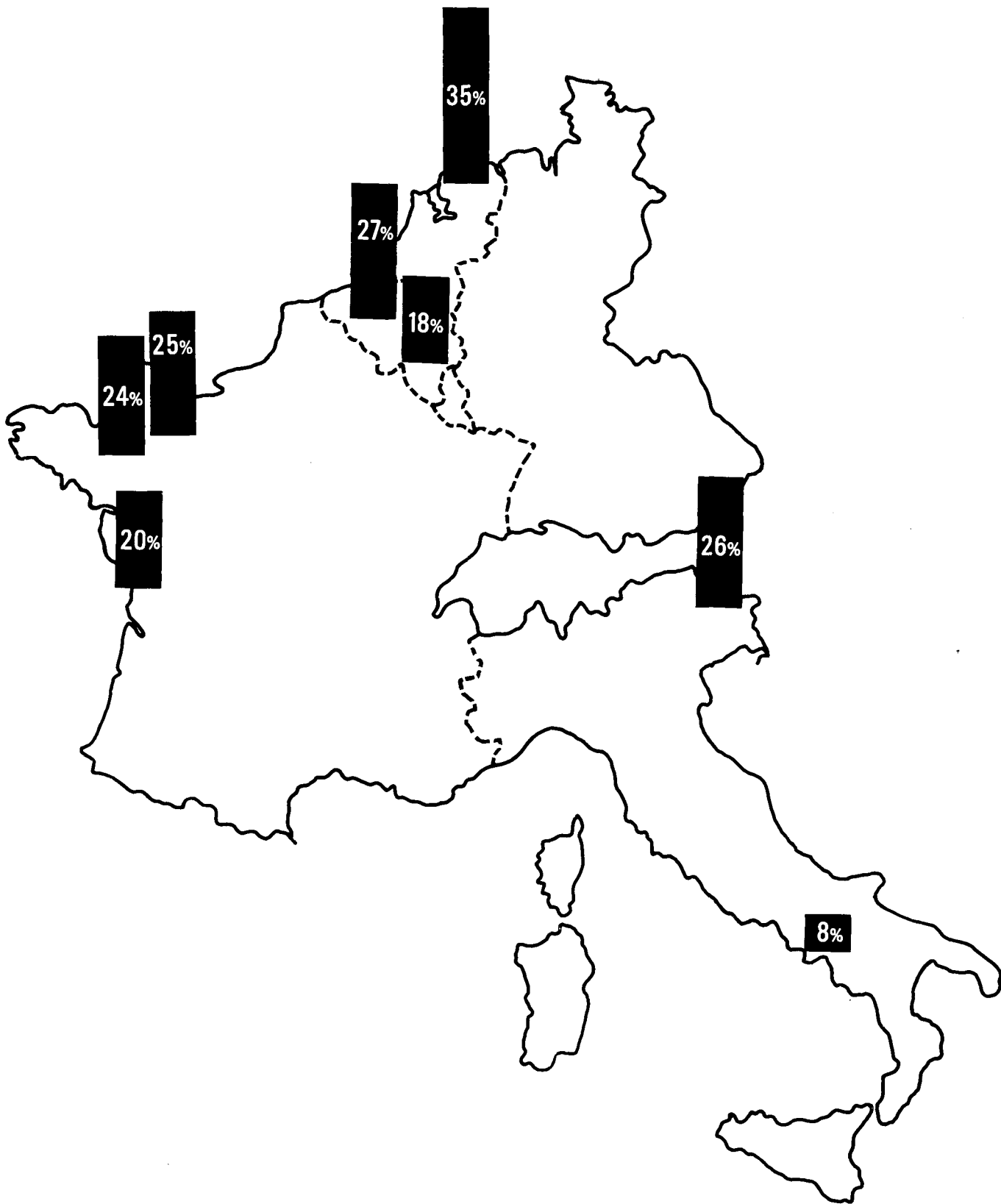
Les documents rassemblés au Centre de Fontenay-aux-Roses ont été tout d'abord vérifiés par quatre experts en alimentation, de façon à corriger les erreurs éventuelles, avant de passer à l'exploitation.

Ce contrôle a permis de constater que, dans leur ensemble, ces enquêtes ont été réalisées avec beaucoup de soin et d'attention, et que, malgré des conditions d'exécution très différentes d'une région à l'autre, les résultats obtenus présentent finalement une homogénéité remarquable.

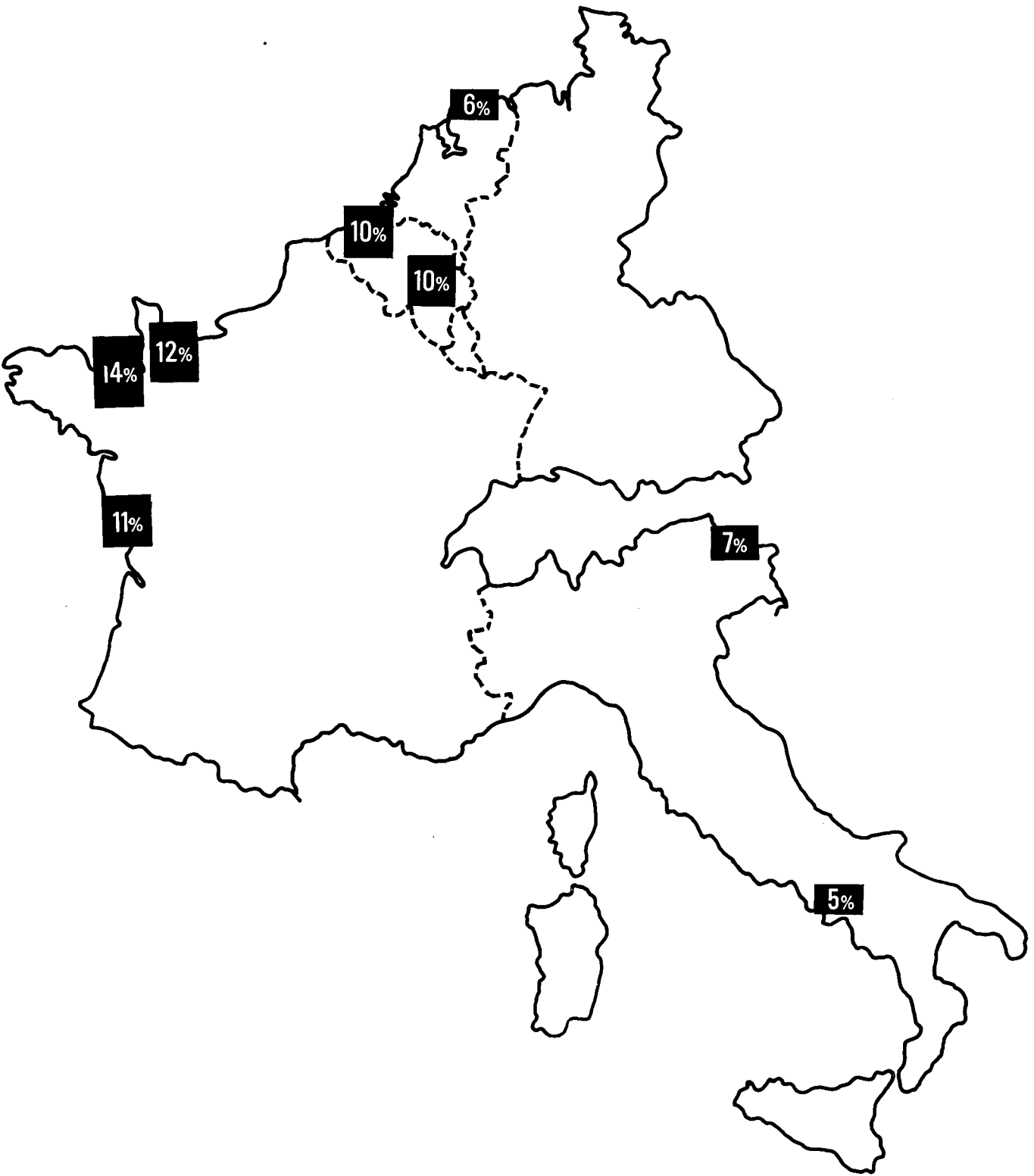
Une première exploitation des données des enquêtes a été achevée, visant à déterminer à partir d'un échantillon moyen de 360 familles par région, d'une part les consommations moyennes mensuelles et annuelles de chaque aliment présent dans le régime, et, d'autre part, la composition de chaque régime alimentaire en principe nutritifs.

Les principaux résultats obtenus sont repris dans le tableau I et les cinq graphiques correspondants.

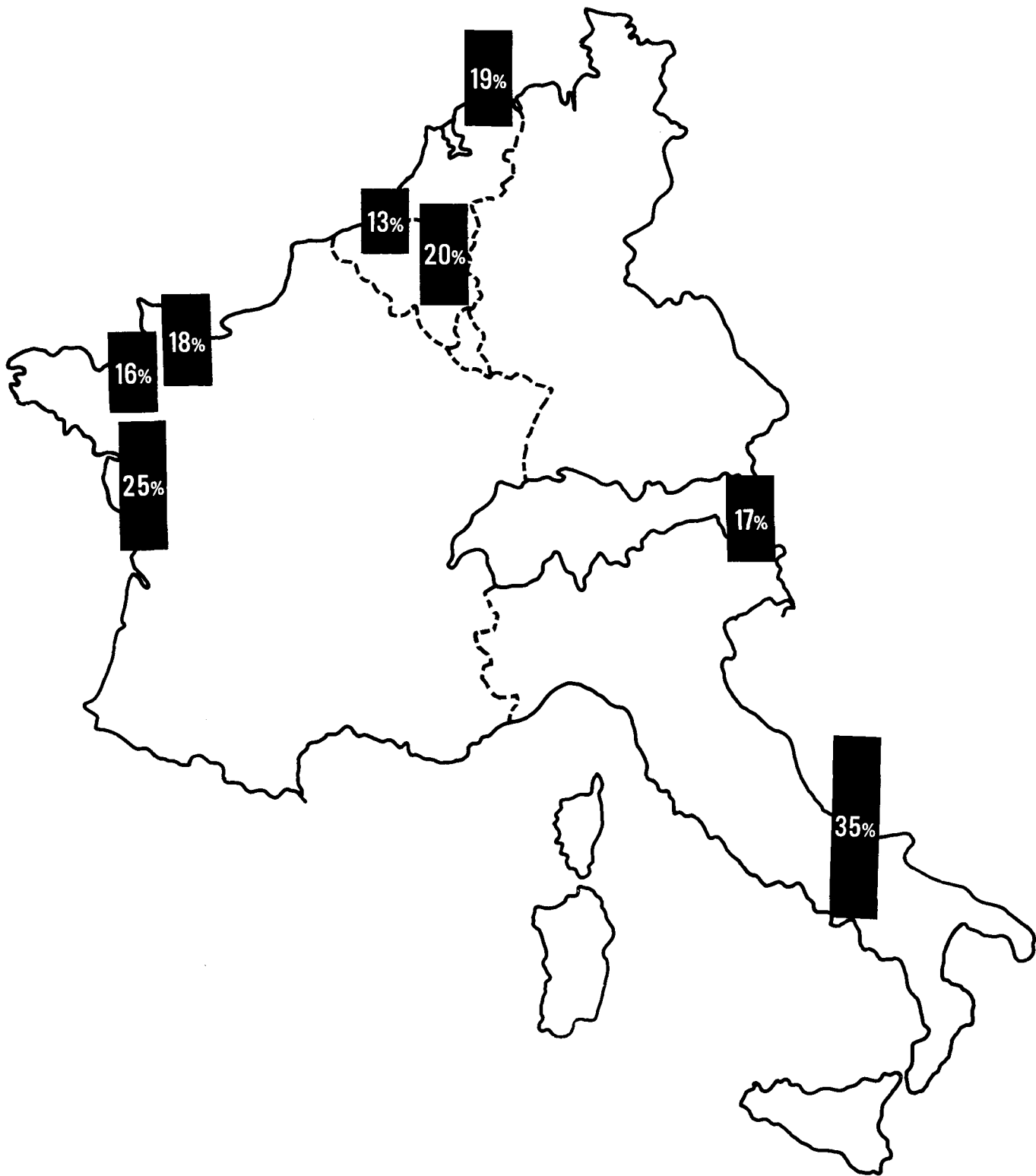
L'exploitation mécanographique des données, dont le but final est le calcul de la consommation moyenne des différents aliments ou groupes d'aliments par les différentes classes d'âge, a été confiée au service du Calcul Électronique de Saclay. Ce travail est actuellement en cours.



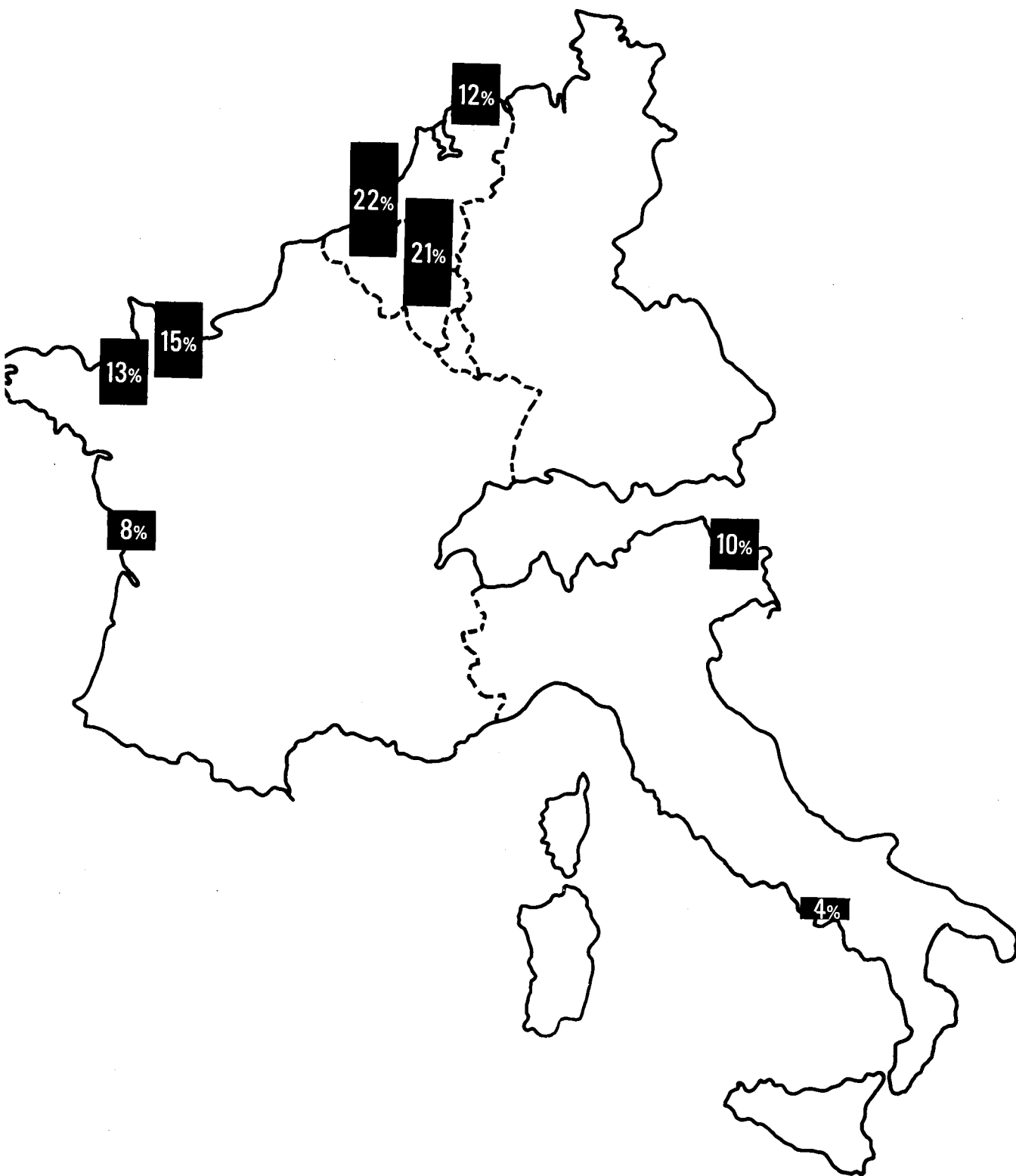
CONTRIBUTION RELATIVE DES CÉRÉALES DANS LE RÉGIME TOTAL ÉGAL À 100



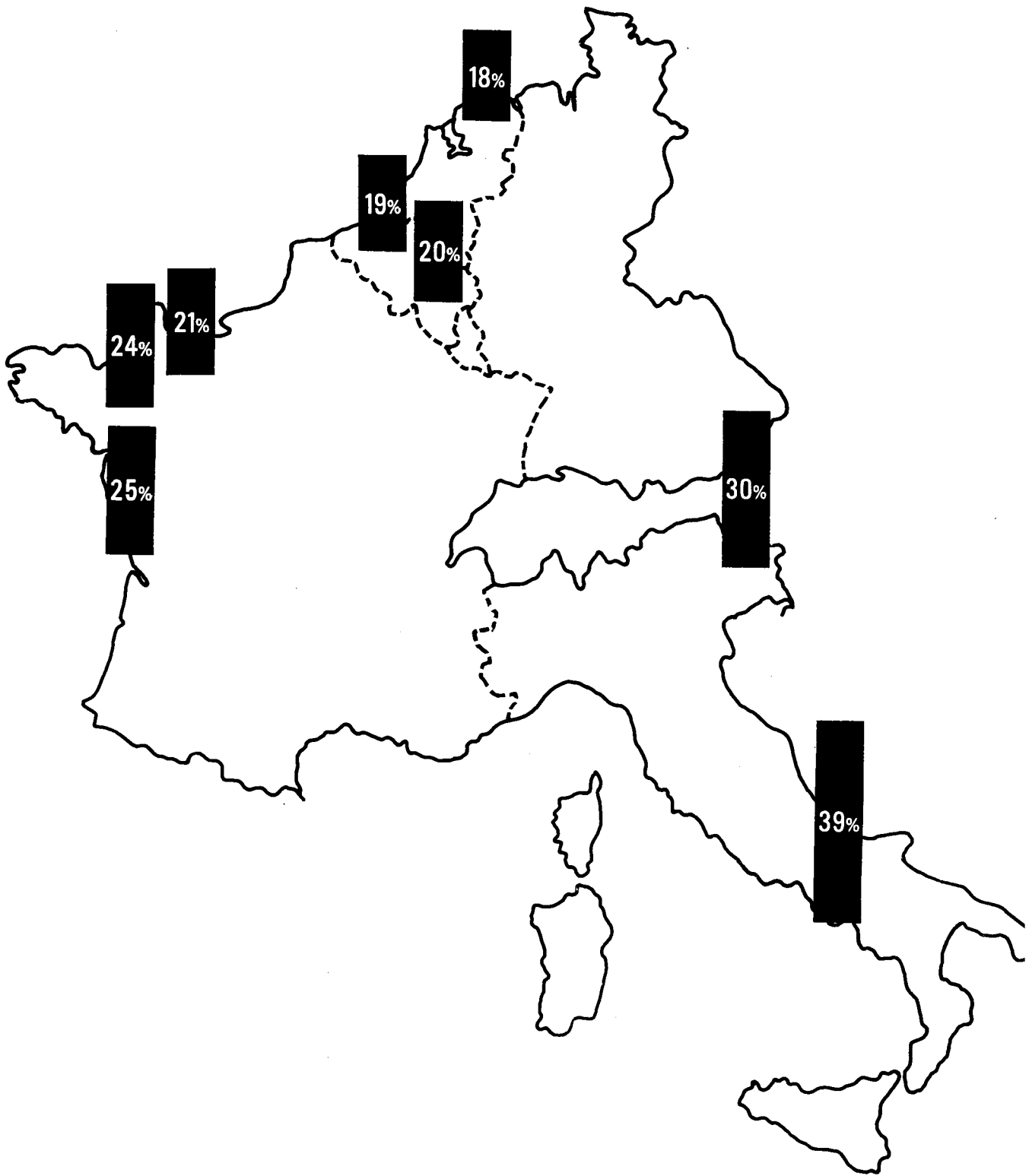
CONTRIBUTION RELATIVE DES POMMES DE TERRE DANS LE RÉGIME TOTAL ÉGAL À 100



CONTRIBUTION RELATIVE DES LÉGUMES ET FRUITS DANS LE RÉGIME TOTAL ÉGAL À 100



CONTRIBUTION RELATIVE DE LA VIANDE ET PRODUITS DE MER DANS LE RÉGIME TOTAL ÉGAL À 100



CONTRIBUTION RELATIVE DU LAIT ET DÉRIVÉS DANS LE RÉGIME TOTAL ÉGAL À 100

CONTRIBUTION RELATIVE DES DIFFÉRENTS PRODUITS DANS LE RÉGIME TOTAL ÉGAL A 100.

	FRISLAND	GENT	LIÈGE	LUXEMBOURG	HESSEN	NORMANDIE	BRETAGNE	VENDÉE	FRIULI	CAMPANIA	MATERA
Céréales	17.6	19.4	20.2			21.4	23.5	25.0	29.5	39.3	
Pommes de terre	12.0	21.8	21.0			14.5	13.1	7.7	9.8	4.0	
Légumes à racines	2.2	2.4	4.2			4.4	5.7	6.2	1.7	0.6	
Légumes à feuilles	4.8	3.3	4.2			3.3	2.3	4.9	5.3	6.8	
Légumes à fruits	3.2	1.7	2.9			3.4	2.1	5.2	4.1	16.4	
Fruits de table	8.6	5.3	8.8			6.7	5.9	8.7	5.4	11.3	
Viande et charc.	5.3	8.2	8.8			10.9	13.0	6.3	6.1	1.6	
Produits de la mer	0.6	1.5	1.3			1.1	1.4	5.1	0.8	4.1	
Œufs	1.3	1.4	1.5			1.3	1.2	1.5	1.6	0.8	
Lait	33.7	26.2	16.8			23.0	23.2	19.3	21.7	6.5	
Fromage	1.6	1.0	1.5			1.6	0.5	0.9	4.6	1.1	
Graisses	3.5	4.9	4.9			3.5	4.5	4.9	4.1	4.8	
Sucre	4.3	1.8	2.1			2.7	2.6	3.0	4.8	1.5	
Sucrierie	1.4	1.4	1.9			2.2	1.0	1.3	0.3	0.1	

4 — ÉTUDE DES TRANSFERTS DE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE
DU MILIEU POLLUÉ AUX PRODUITS ALIMENTAIRES

L'objectif final consiste à définir les relations permettant d'exprimer la concentration des radionuclides les plus importants pour la chaîne alimentaire dans chacun des aliments vecteurs, en fonction de la concentration de leur apport périodique dans le milieu ambiant et d'un certain nombre de paramètres susceptibles de variations plus ou moins étendues lorsque les conditions de milieu ou de production varient.

L'inventaire général des données disponibles sur la contamination radioactive, tant des produits animaux, que des produits végétaux, réalisé en 1962 et 1963, a montré, d'une part, que les mécanismes de la contamination radioactive étaient encore assez mal connus, d'autre part, que les informations disponibles tirées de données relevées aux *États-Unis* ou en *Grande-Bretagne* n'étaient pas directement utilisables pour les conditions des six pays de la Communauté Européenne.

Il existe maintenant un certain nombre de données sur la contamination des produits alimentaires dans ces pays, tout au moins pour les deux ou trois dernières années. Il a semblé utile dans un premier temps de les exploiter afin de tenter de déterminer quelques facteurs de transfert au moins pour les radionuclides les plus importants.

Les résultats attendus d'une telle étude ne peuvent être que des facteurs moyens. En effet, dans l'état actuel de nos connaissances, le but de la surveillance impose un échantillonnage au niveau de la consommation des grandes villes. Il est difficile, dans ces conditions, de mettre en corrélation les résultats avec les différents facteurs locaux de production ou de contamination.

De cette étude, il ne faut donc pas attendre plus que des ordres de grandeur et des tendances. De tels résultats sont cependant très précieux car ils permettent d'orienter et de limiter les recherches expérimentales à poursuivre, d'une manière analytique, sur les facteurs de transfert de la contamination, recherches toujours longues et difficiles.

En effet, chaque problème de contamination radioactive peut être isolé et trouver sa solution au moyen d'expériences réalisées soit au laboratoire, soit dans les champs, à l'aide d'isotopes radioactifs. En procédant systématiquement, on peut étudier l'un après l'autre, chacun des facteurs qui interviennent dans le transfert de la contamination. Une telle approche, outre qu'elle est incompatible avec les moyens dont nous disposons, exigerait de nombreuses années pour aboutir aux résultats que nous attendons.

Aussi, avons-nous recherché une méthode plus pratique et plus progressive, dont les résultats escomptés seraient directement utilisables dans un délai raisonnable.

La voie que nous avons choisie est basée sur une interprétation sélective des données de la surveillance, complétée par des études globales plus adaptées à notre but et par quelques études expérimentales jugées indispensables à l'exploitation des données obtenues.

Finalement, les recherches actuellement entreprises dans le domaine des transferts de la contamination radioactive se ramènent à trois types d'études :

1. Étude des corrélations entre la contamination des produits alimentaires et la contamination du milieu à partir des mesures faites dans le cadre de la surveillance de la radioactivité.
2. Étude des facteurs de transfert et de leurs variations en fonction des facteurs écologiques au cours de la production, par les produits d'origine végétale et les produits d'origine animale.
3. Étude des facteurs de transfert de la contamination au cours des processus de transformation.

4.1 — Étude des corrélations entre la contamination des produits alimentaires et la pollution radioactive du milieu à partir des mesures faites par les services de surveillance

Ce programme très étendu, portant sur l'exploitation des données recueillies dans les différents pays de la Communauté Européenne a été entrepris en 1964 et sera poursuivi en 1965.

Au cours de l'année 1964, les études ont été limitées à la recherche des facteurs de transfert du Sr 90 et Cs 137 dans le lait pour sept stations situées en France.

4.1.1 — Sr 90 dans le lait

Dans le cas des retombées radioactives on sait que la contamination du lait par le Sr 90 peut s'exprimer d'une façon simple par la relation suivante :

$$C = p_a F_a + p_r F_r \quad (1)$$

où C représente la concentration du Sr 90 dans le lait en pCi/g Ca

F_a l'intensité de la retombée en mCi/km²/mois

p_a le coefficient d'absorption

p_r le coefficient d'intensité.

Le calcul des coefficients p_a et p_r pour une station donnée implique deux conditions :

1. Connaître les valeurs de C , F_a et F_r pour la station et la période considérée,
2. Définir une deuxième relation permettant de déterminer l'un ou l'autre des coefficients.

Les valeurs de C et F_r résultent des mesures systématiques actuellement effectuées. Par contre, F_a a dû être estimé dans chacune des stations considérées.

Pour cela, on admet que le dépôt de Sr 90 est à peu près entièrement apporté par la pluie et qu'il peut être évalué par la relation :

$$R = 10^{-3} \times P \times C \quad (2)$$

où : R est la retombée en mCi/km²

P la pluie en mm

C la concentration spécifique en pCi/l.

Si l'on admet l'hypothèse vérifiée en Grande-Bretagne, selon laquelle la concentration moyenne de Sr 90 dans la pluie diffère peu d'une région à l'autre du pays et que le dépôt cumulé de Sr 90 des différentes régions peut être calculé à partir de la concentration spécifique mesurée dans la pluie à Milford-Haven, le dépôt R_i d'une région i peut être évalué à partir du dépôt R_a d'une région de référence, corrigé en fonction de la pluviosité par la relation simple :

$$R_i = R_a \times \frac{P_i}{P_a}$$

où P_i est la pluviosité de la région i

P_a est la pluviosité de la région a .

La comparaison des valeurs calculées à partir des mesures faites à Milford-Haven avec les valeurs mesurées à Ispra, d'une part pour les années 1958 à 1962, dans quatre stations françaises, d'autre part, les années 1960, 1961 et 1962, montre que des erreurs commises ne dépassent pas l'ordre de grandeur des erreurs de mesure.

Grâce à cette méthode, on a pu compléter les mesures faites et évaluer les dépôts annuels de 1954 à 1963 pour sept stations françaises.

Ces dépôts cumulés après correction de la décroissance radioactive donnent la valeur à attribuer aux F_a .

La seconde difficulté consistait à trouver une deuxième relation permettant d'évaluer l'un des deux coefficients p_a et p_r .

A cet effet, deux moyens ont été utilisés.

Le premier consiste à comparer les rapports $\frac{\text{Sr } 89}{\text{Sr } 90}$ dans le lait et dans la pluie pour évaluer le rapport $\frac{p_r F_r}{C}$

$$\text{En effet,} \quad \frac{p_r F_r \text{ Sr } 90}{C} = \frac{p_r F_r \text{ Sr } 89}{C} \times \frac{F_r \text{ Sr } 90}{F_r \text{ Sr } 89}$$

Il est tenu compte du délai moyen de six semaines observé entre l'apparition du Sr dans la pluie et dans le lait, et de la décroissance correspondante du Sr 89.

Cette méthode applicable pour les années 1962 à 1963 ne l'était pas pour l'année 1961 pendant laquelle le Sr 89 n'était mesurable, ni dans la pluie, ni dans le lait.

La contribution de la contamination directe étant très faible par rapport à celle de la contamination par le sol, on peut considérer que la contamination minimale pour l'été 1961 du lait représente une valeur maximale de $p_a F_a$, d'où l'on tire une valeur approchée de P_a . Il est facile ensuite de calculer p_r en se servant de la relation (1).

Malgré cela, des lacunes importantes subsistent pour 1961, qu'on a essayé de combler par comparaison avec les valeurs de $p_a F_a$ 1962.

Les tableaux I et II montrent les valeurs ainsi trouvées pour les coefficients p_a et p_r

TABLEAU I

Valeurs du coefficient d'absorption p_d , exprimé en

$$\frac{\text{pCi Sr 90/g Ca (lait)}}{\text{mCi/km}^2 \text{ (dépôt)}}$$

pour sept stations françaises

	1961	1962	1963
Anglade (Charente)	0,35	0,38	0,39
Bellenaves (Allier)	≤ 0,18	0,16	0,2
Chailly-en-B.(S. et M.)	0,22	0,25	0,31
Cleville (Calvados)	0,18	0,22	0,22
Sauveterre (Gard)	< 0,11	0,08	0,06
Thorenas (Isère)	< 0,19	0,15	0,21
Viomeni (Vosges)	< 0,26	0,22	0,34
Moyenne des sept stations	< 0,21	0,21	0,29

Nota :

Le signe < ou ≤ indique une valeur approchée par excès.

Le dépôt cumulé F_d a été corrigé seulement pour la décroissance radioactive, l'évolution de ce dépôt dans le sol pour chaque station n'étant pas connue.

Le coefficient p_d ainsi estimé par les sept stations françaises et pour les années 1961, 1962, 1963 est peu différent des estimations de ce coefficient faites en Grande-Bretagne et qui se situent autour de 0,24 en moyenne.

TABLEAU II

Valeurs du coefficient d'intensité p_r exprimé en

$$\frac{\text{pCi Sr 90/g Ca (lait)}}{\text{mCi/km}^2/\text{mois (retombée)}}$$

Pour sept stations françaises

	1961	1962	1963
Anglade (Charente)	28,8	22,6	17,55
Bellenaves (Allier)	≤ 27,2	11,4	8,6
Chailly-en-B. (S. et M.)	—	9,8	10,54
Cleville (Calvados)	10,45	16,3	9,76
Sauveterre (Gard)	—	3,1	2,8
Thorenas (Isère)	> 12,8	9,94	9,25
Viomenil (Vosges)	> 13	17,6	11,8
Moyenne pour les sept stations	18,45	13	10

Nota :

Le signe > indique une valeur approchée par défaut. La valeur de la retombée F_r est celle du mois précédant le prélèvement du lait.

A titre de comparaison, la valeur du coefficient p_r déterminé en Grande-Bretagne et rapporté au mois se situe aux environs de 10 à 11 avec un facteur de variation de 3 pour certains sites particuliers.

4.1.2 — *Cs 137 dans le lait*

Un essai semblable d'interprétation a été tenté sur la contamination du lait par le Cs 137, mais les données sont insuffisantes et les résultats encore incertains.

Il semble, cependant, se confirmer que la contribution du sol à la contamination du lait est à prendre en considération.

4.2 — **Étude des facteurs de transfert et de leurs variations en fonction des facteurs écologiques au cours de la production**

Il y a lieu de distinguer les produits d'origine végétale et les produits d'origine animale.

4.2.1 — *Produits d'origine végétale*

L'analyse complète des facteurs de transfert de la contamination radioactive des produits alimentaires d'origine végétale comporte les principaux points suivants :

- Transferts atmosphère- plante
- Transferts atmosphère- sol
- Évolution de la contamination dans le sol
- Transferts sol- plantes
- Évolution à l'intérieur de la plante

4.2.1.1 — *Étude des transferts atmosphère- plante*

La contamination des végétaux par dépôt direct des radionuclides sur l'appareil aérien est encore assez mal connue du point de vue quantitatif. Or, l'interprétation des données obtenues par les services de surveillance, qui est encore à l'heure actuelle notre principale source d'informations ne peut se faire que dans la mesure où il est possible de déterminer la contribution relative de la contamination directe et de la contamination indirecte.

Le taux de rétention, défini comme la fraction du dépôt périodique (mensuel ou annuel), retenu par la plante ne peut être considéré comme un facteur constant. Les quelques rares valeurs qui ont été déterminées jusqu'ici ne représentent guère que des moyennes observées dans des conditions climatiques données et valables seulement pour l'année dans laquelle les mesures ont été faites. De telles valeurs ne sont transposables ni d'une station à l'autre, ni d'une année à l'autre.

L'interprétation des données de la surveillance dans des conditions aussi variées que celles des pays de la Communauté Européenne demande une conception plus claire et plus précise des mécanismes mis en jeu par la contamination directe. Dans ce but, un plan de recherches a été établi, visant à déterminer, d'une part, le taux d'interception par les végétaux de la pluie ou, éventuellement, de l'eau d'arrosage distribuée par aspersion, et d'autre part, en fonction de ce taux d'interception, les quantités de radionuclides retenues par les plantes après une contamination unique ou des contaminations répétées.

Les principes de l'expérimentation ont été mis au point et la réalisation en est prévue en 1965 avec la collaboration du Service de Biologie du Centre commun de recherches d'Ispra.

4.2.1.2 — *Étude des transferts atmosphère - sol*

La contamination radioactive due aux retombées consécutives aux tests nucléaires pose un certain nombre de problèmes, dès que l'on veut en interpréter les résultats dans un but de prévision. Il est important en particulier de considérer les fluctuations saisonnières, annuelles

des retombées, la répartition géographique, l'influence des régimes des pluies (quantité, répartition). Bien qu'il semble que pour des régions situées sous la même latitude, il existe une relation approximativement linéaire entre les précipitations atmosphériques et les retombées radioactives, l'étude des données disponibles pour les pays de la Communauté Européenne a montré des écarts relativement importants entre des régions d'égale pluviosité, mais de climat différent. Ces variations climatiques semblent se manifester par deux gradients : celui des influences océanographiques et celui des influences méditerranéennes. Il n'est pas possible de tirer des conclusions plus précises pour l'instant. L'étude est à poursuivre sur les données actuelles et à venir, en prenant en considération les différents types de climat.

4.2.1.3 — Évolution de la contamination radioactive dans les sols

L'évolution du sol considéré comme source de contamination radioactive a été étudiée sous les deux aspects suivants :

1. Mobilité du Sr 90 dans le sol et pertes par lessivage. - Évolution vers un niveau d'équilibre.
2. Disponibilité du Sr 90 dans le sol pour les plantes. Effet du calcium sur le taux de passage du Sr dans les plantes.

Aux pertes par décroissance radioactive, vient s'ajouter une certaine élimination du Sr 90 déposé sur le sol par l'effet du ruissellement superficiel et du déplacement vertical dans le sol. Pour les sols non labourés (prairies permanentes), la concentration du Sr 90 diminue avec la profondeur suivant une loi exponentielle, 70 à 75% du Sr 90 déposé se trouvant toujours situés dans la couche superficielle de 5 cm. La vitesse de pénétration verticale du Sr 90 dans le sol varie avec la texture du sol; elle est d'autant plus lente que le sol est plus lourd.

Pour les sols arables, labourés annuellement, les données dont on dispose sont tout à fait insuffisantes. Pour évaluer dans de tels sols les pertes par lessivage, il convient de connaître les quantités d'eau éliminées annuellement dans le drainage et la teneur de l'eau en radiostrotrium. Pour exprimer la quantité de Sr 90 éliminée en pourcentage du dépôt cumulatif, on a seulement besoin de connaître la répartition du Sr 90 présent dans le sol entre le complexe absorbant et la solution du sol. Il est envisagé, dans ce but, de procéder à une série d'études en laboratoire portant sur les principaux types de sol rencontrés dans les pays de la Communauté Européenne.

Le principe consiste à agiter les échantillons de sols avec des solutions contenant Sr 85 et Ca 45. La détermination de Sr 85, Ca 45 et Ca stable dans la solution après équilibre donne la réponse à la question.

En ce qui concerne le deuxième point, à savoir la disponibilité du Sr 90 dans le sol par les plantes, le problème est plus complexe. Théoriquement, on se trouve en présence de deux phénomènes, d'une part, un équilibre complexe absorbant - solution du sol, d'autre part, un transport d'ions de la solution du sol dans les tissus de la plante.

L'équilibre complexe absorbant - solution du sol peut être défini, lorsque l'on considère le Sr et le Ca comme un équilibre de répartition, la concentration des deux cations dans la solution du sol étant fonction des teneurs en Sr et Ca du complexe, et variant avec le taux de saturation de ce dernier.

L'absorption des ions par la plante, par contre, n'a pas le caractère d'un phénomène d'équilibre. Le prélèvement des ions à partir de la solution du sol est réglé plus ou moins par la vitesse de l'absorption, mais le milieu interne de la plante n'étant pas tamponné, l'absorption reste très peu sélective, de sorte que les ions Sr et Ca sont absorbés sensiblement dans le rapport existant dans la solution du sol.

Le rapport observé $\frac{\text{Sr/Ca plante}}{\text{Sr/Ca sol}}$ qui a été estimé en moyenne à 0,7 - 0,8 est utilisable provisoirement pour des situations moyennes. On ne peut cependant pas le considérer comme

une véritable constante car le comportement peut différer d'une espèce végétale à l'autre. Il varie d'autre part avec l'organe de la plante.

Dans les sols de prairie enfin, qui ne sont pas bouleversés par le labour, la répartition verticale du calcium est assez différente de celle du strontium 90, de sorte que la profondeur de l'enracinement des différentes espèces composant le pâturage est à considérer.

Tous ces points font actuellement l'objet d'un programme de recherches en cours d'étude.

4.2.1.4 — *Étude des transferts sol – plantes*

L'année 1964 a été consacrée à la mise au point des projets suivants dont la réalisation est prévue en 1965:

1. *Études verticales*

Elles consistent dans la mesure simultanée de la contamination du sol et de plusieurs produits végétaux prélevés dans des conditions semblables de contamination à partir des retombées. Dans le cas où la contamination directe serait encore appréciable, il en sera tenu compte dans l'interprétation des résultats.

Une première série d'études est en cours, en Italie, en collaboration avec le CNEN. Le projet prévoit quatre centres d'échantillonnage et portera sur une dizaine de produits.

2. *Évolution du taux de passage sol-végétaux vers les niveaux critiques*

En raison des interactions mal connues entre le complexe absorbant du sol, les solutions du sol et les végétaux, on ne peut affirmer avec certitude que le taux de passage sol-plante reste invariable lorsque la concentration en radionuclides évolue vers les niveaux critiques. Pour étudier cette évolution, il est envisagé de procéder aux essais suivants :

- a) Au laboratoire en recherchant l'équilibre de répartition entre le complexe absorbant et la solution du sol à des niveaux croissants de Sr 90 et Cs 137
- b) En vases avec les mêmes types de sols en déterminant le taux de passage sol-plante à des niveaux croissants de Sr 89 et Cs 137.

4.2.1.5 — *Évolution de la contamination à l'intérieur de la plante*

Cette étude, visant à déterminer la distribution des différents radionuclides entre les différentes parties de la plante, n'a pas encore été abordée.

4.2.2 — *Produits d'origine animale*

Les études réalisées en 1964 se rapportent exclusivement à la contamination radioactive du lait.

Dans une première étape, les facteurs physiologiques déterminant la sécrétion des principaux radionuclides dans le lait ont été considérés. Des valeurs moyennes ont été mises en évidence pour évaluer les quantités de radionuclides sécrétées dans le lait en fonction des quantités ingérées. Provisoirement, ces valeurs sont estimées suffisantes pour servir de base au calcul des niveaux de protection.

Dans une deuxième étape, on se propose d'étudier d'une façon aussi complète que possible quels sont les facteurs qui interviennent dans l'ingestion des radionuclides par les animaux producteurs de lait, comment et dans quelle mesure ils interviennent.

Dans l'hypothèse d'une contamination uniforme, les quantités de radionuclides ingérées quotidiennement par les animaux semblent varier dans d'assez larges limites avec les conditions locales et le mode d'élevage. Il y a donc lieu tout d'abord d'analyser successivement tous ces paramètres, parmi lesquels figurent notamment les facteurs du climat, du sol, les propriétés physiologiques de l'herbe.

Une partie de cette étude est entreprise conjointement avec celle des produits d'origine végétale.

Les facteurs zootechniques, proprement dits, qui résultent des méthodes d'élevage, jouent, d'autre part, un rôle important dans la contamination et doivent être pris en considération. Il s'agit notamment de la durée du séjour en pâturage, de la productivité des herbages, de la surface broutée quotidiennement, de la composition du fourrage, de l'espèce et de la race du bétail, etc.

Afin de limiter une étude aussi étendue, il est envisagé de définir dans les différents pays de la Communauté Européenne, les régions les plus importantes du point de vue de la production laitière en tenant compte, d'une part, des différentes productions (lait de vache, lait de brebis, lait de chèvre), et d'autre part, de l'utilisation du lait (consommation humaine, production de beurre, de fromages, etc.).

Sur la base de ces critères, un certain nombre de régions types pourra être déterminé et chacune d'elles fera ensuite l'objet d'une étude détaillée. Amorcée en 1964, cette étude est en cours de développement.

Un programme expérimental a, d'autre part, été étudié en vue de préciser deux points importants relatifs à la contamination directe due au strontium et au césium.

Le problème de la contamination directe du pâturage peut se poser comme suit. Soit Ql la quantité de radionuclide présente dans le lait, exprimée en activité par litre, et due à la contamination directe de l'herbe consommée.

Si D est le dépôt de radionuclide par unité de surface,

ρ le facteur de rétention exprimé en activité par unité de poids d'herbe

Rj la ration journalière de la vache en unité de poids

k le facteur de passage herbe-lait du radionuclide rapporté à la quantité ingérée quotidiennement

$$Ql = k \times Rj \times \rho \times D$$

k et Rj sont assez bien connus et varient dans la limite d'un facteur 2.

Par contre, le facteur de rétention est mal connu et semble varier dans d'assez larges limites, en fonction de différents facteurs, dont le plus important paraît être la quantité d'herbe présente au moment de la contamination.

En appliquant une contamination artificielle connue sur des pâturages présentant des productions différentes et en mesurant la contamination de l'herbe, il est possible de déterminer comment varie le facteur de rétention ρ en fonction de la quantité d'herbe présente. C'est ce qui est envisagé dans un premier temps.

En tenant compte du fait que la ration journalière Rj et les superficies broutées sont liées à la production du pâturage P par une relation de la forme :

$$s = \frac{Rj}{P}$$

il est possible d'étudier les corrélations entre la contamination du lait et celle de l'herbe en précisant l'action des facteurs production du pâturage et superficie broutée. Dans le même temps, l'évolution dans le temps de la contamination de l'herbe et du lait pourra être mise en évidence. La réalisation de ce programme est prévue pour 1965 avec la collaboration du Centre de Mol.

L'étude de la contamination indirecte des pâturages est envisagée par ailleurs dans le cadre du programme général concernant l'étude de la contamination indirecte des produits d'origine végétale et animale (études verticales).

4.3 — Étude des facteurs de transfert de la contamination au cours des processus de transformation

L'étude du transfert des radionuclides au cours des opérations de transformation des céréales, confiée au Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung à Detmold, a été commencée en 1964 et les résultats ne sont encore connus que partiellement.

Les déterminations ont porté jusqu'à présent sur K 40, Mn 54 et Cs 137, pour lesquels les résultats suivants ont été enregistrés :

Blé tendre

Le nettoyage à sec n'enlève pratiquement pas de Cs 137 ni de Mn 54. Le lavage intensif, par contre, enlève environ 20% de l'activité due à ces radionuclides. Mais cette opération entraîne une telle humidification qu'il faut sécher les grains avant de les moudre. Ce procédé n'étant utilisé que dans des cas exceptionnels, on peut évaluer à 5% seulement l'élimination de Cs 137 et Mn 54 au cours du nettoyage.

Contrairement à ce que l'on pensait jusqu'à présent, l'endosperme s'est révélé un peu plus riche en Cs 137 que les parties externes du grain, le facteur d'enrichissement étant de 1,2 à 1,6 entre l'activité spécifique du produit de base et celle des farines de passage.

Inversement, le Mn 54 est plus concentré dans les parties externes du grain que dans l'endosperme, qui ne contient que 15 à 20% de l'activité totale.

Seigle

La répartition du Cs 137 et du Mn 54 dans le grain de seigle est sensiblement la même que pour le blé tendre. Le Cs 137 s'enrichit dans les farines de passage à peu près au même taux que pour le blé. De même que pour le blé, le Mn 54 se trouve enrichi dans la farine de son, beaucoup plus que dans tous les autres produits de meunerie.

Avoine

La répartition du Cs 137 semble uniforme dans tout le grain et la contamination des flocons d'avoine est la même que celle du grain initial.

La répartition du Mn 54 n'a pas encore été déterminée.

Les résultats concernant le blé dur et les pâtes alimentaires ne sont pas encore connus.

Par ailleurs, la détermination du Sr 90, du Ca et du Mg est en cours dans les différents produits.

CONCLUSIONS

Au cours de l'année 1964, les travaux de l'Association se sont poursuivis selon le programme prévu et des progrès importants ont été enregistrés dans tous les domaines.

Le programme des études envisagées en 1965 tient compte des considérations générales, exposées plus haut, et vise à obtenir aussi rapidement que possible une estimation approchée des données à mettre en œuvre, ce qui permettra de définir en les limitant les recherches complémentaires à entreprendre par des moyens expérimentaux.

En Biologie humaine, une étude complémentaire est prévue pour préciser certaines données sur le transit digestif des enfants. Le traitement mathématique des données recueillies sur le métabolisme de l'iode chez les enfants sera entrepris pour déterminer les facteurs physiologiques nécessaires au calcul des doses d'irradiation et leurs fluctuations éventuelles avec l'âge. Enfin, l'approche épidémiologique du métabolisme du strontium chez les enfants fera l'objet de travaux préparatoires aux recherches, dont la réalisation, qui s'étendra sur plusieurs années, recevra un commencement d'exécution.

Dans le domaine de la *nutrition*, l'exploitation des enquêtes alimentaires sera poursuivie et donnera lieu à deux séries d'opérations : d'une part, la détermination des régimes alimentaires individuels moyens, d'autre part, l'estimation par une méthode statistique des régimes alimentaires des différentes classes d'âge pour chacune des régions étudiées.

Enfin, *l'étude des transferts de la contamination radioactive des sources de pollution aux produits alimentaires* sera orientée de façon à permettre dès que possible la mise en œuvre de la technique générale de calcul des niveaux de contamination au cas du Sr 90 pour un certain nombre de situations.

L'étude générale du sol considéré comme source de pollution sera achevée, tandis que l'étude de l'utilisation agricole des eaux polluées sera abordée.

L'étude de l'incidence des facteurs « zootechniques » sur la contamination des produits animaux sera d'autre part poursuivie de façon à mettre en évidence les conditions critiques.

ANNEXE I

Établissements, Organismes ou Personnalités participant aux travaux de l'Association dans le cadre d'un sous-contrat de recherches.

1. Enquêtes alimentaires

- HET NEDERLAND INSTITUUT VOOR VOLKSVOEDING
Saverdaplein 10, Wageningen (Nederland).
- INSTITUT NATIONAL D'HYGIÈNE
3, rue Léon Bonnat, Paris 16^e.
- CENTRE DE RECHERCHES ET D'ÉTUDES SOCIOLOGIQUES APPLIQUÉES DE LA LOIRE
24, rue Michel Rondet, Saint-Étienne (Loire), France.
- UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES – INSTITUT DE SOCIOLOGIE
137, rue Belliard, Bruxelles, Belgique.
- ISTITUTO NAZIONALE DELLA NUTRIZIONE
Città Universitaria, Roma, Italia.
- DIRECTION DE LA SANTÉ PUBLIQUE DU GOUVERNEMENT LUXEMBOURGEOIS
1A, rue Auguste Lumière, Luxembourg (Grand duché de Luxembourg).
- HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT
Rheinstrasse 35/37, Wiesbaden, Deutschland.

2. Études relatives au transit gastro-intestinal

- MAX PLANCK-INSTITUT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE
Rheinlanddamm 201, Dortmund, Deutschland.
- J. LEFEBVRE, chef du Service central d'électroradiologie
Hôpital des Enfants Malades, 149, rue de Sèvres, Paris 15^e.
- FONDATION CURIE
26, rue d'Ulm, Paris 5^e.

3. Études des transferts de la contamination radioactive des sources de pollution à l'homme

- BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR GETREIDEVERARBEITUNG
Am Schützenberg 9, Detmold, Deutschland.

4. Étude du métabolisme de l'iode dans le corps humain au cours de la croissance

- UNIVERSITÀ DI ROMA – ISTITUTO DI PATOLOGIA MEDICA E METODOLOGIA CLINICA
Policlinico Umberto, 1, Roma, Italia.
- UNIVERSITÉ DE LOUVAIN (Laboratoire de Pathologie générale)
13, Vieux Marché, Louvain, Belgique.

ANNEXE II

1. Rapports publiés ou dont la publication est décidée

- 64.10 Étude des vitesses de transit dans le tractus gastro-intestinal à partir de données anatomiques et physiologiques – Essais de calcul de doses (G. VACCA et J. P. BAZIN)
- 64.27 Essai d'évaluation du dépôt cumulé de Sr 90 en plusieurs stations françaises (A. GARNIER)

2. Rapports internes (documents de travail non disponibles).

- 64.1 Projet d'étude de l'apport alimentaire quotidien moyen d'iode stable, dans les pays de la Communauté — II. Plan de travail (texte provisoire) (M^{me} RAULIER-FABRY)
- 64.2 Estimation approchée de la valeur du dépôt annuel de Sr 90 qui, sur un pâturage donné, détermine à l'équilibre une concentration donnée dans le lait de vache (G. LACOURLY)
- 64.3 Considérations sur le programme de travail concernant la contamination radioactive de produits agricoles (Sr 90) (J. LEHR)
- 64.5 Régions critiques concernant la contamination radioactive de la chaîne alimentaire (J. LEHR et J. VAN DEN HOEK)
- 64.6 Premier aperçu sur la contamination des végétaux alimentaires d'après les données du contrôle de la radioactivité effectué en France en 1962 (A. GARNIER)
- 64.7 Examen des données du contrôle de la radioactivité du lait effectué en France en 1962 (Sr 90, Sr 89, Cs 137, Ba 140) (A. GARNIER)
- 64.8 Examen des données du contrôle de la radioactivité des fourrages effectué en France en 1962. – Rapports observés avec la contamination du lait. – Contribution à la recherche des facteurs de transfert (A. GARNIER)
- 64.9 Évolution au cours des ans des retombées radioactives dues aux expériences utilisant des bombes atomiques et des bombes à hydrogène (J. LEHR)
- 64.11 Relation entre précipitations et retombées (S. VANTROYS)
- 64.14 Détermination des niveaux de contamination radioactive des corps dits ostéotropes. – Aspects physiologiques. – Avant-projet (L. KARHAUSEN)
- 64.16 Réflexions sur la méthode de travail à mettre en œuvre pour l'étude de la contamination des végétaux par le Sr 90 (J. LEHR)
- 64.17 Premiers résultats des enquêtes alimentaires en Frise (Pays-Bas) – Consommation moyenne dans 360 familles à Leeuwarden (M. CRESTA)
- 64.18 Étude de l'évolution de la contamination du lait dans la Communauté Européenne (J. VAN DEN HOEK)
- 64.22 Détermination des niveaux de contamination radioactive des corps dits ostéotropes (L. KARHAUSEN)
- 64.23 Premiers résultats des enquêtes alimentaires en Vendée (France) – Consommation moyenne dans 360 familles rurales (M. CRESTA)
- 64.25 Le sol, comme source de contamination radioactive des végétaux – A. Considérations préliminaires sur l'étude bibliographique (J. LEHR)
- 64.26 Contamination du lait par le Sr 90 (J. VAN DEN HOEK)
- 64.28 De deux approches possibles pour l'étude des corps dits ostéotropes (L. KARHAUSEN)
- 64.29 Premiers résultats des enquêtes alimentaires en Normandie (France) – Consommation moyenne dans 360 familles rurales de l'Orne (M. CRESTA)
- 64.30 Premiers résultats des enquêtes alimentaires en Bretagne (France) – Consommation moyenne dans 360 familles rurales de l'Ile-et-Vilaine (M. CRESTA)

- 64.31 Rapport de synthèse sur la contamination radioactive des produits alimentaires d'origine végétale par le Sr 90 (J. LEHR)
- 64.32 Le sol comme source de contamination radioactive des végétaux — C. Pertes de Sr 90 provenant des retombées, causées par ruissellement et déplacement vertical du Sr 90 dans le sol (J. LEHR)
- 64.34 Note sur les modes d'expression de la contamination par le radiostrontium (I. SCHUFFELEN, J. LEHR, J. VAN DEN HOEK et L. KARHAUSEN)
- 64.36 Examen des données du contrôle de la radioactivité du lait (France 1963) en vue de l'étude des transferts de la contamination (A. GARNIER)
- 64.37 Détermination du taux de rétention à appliquer dans le cas de contamination directe par des radionuclides (J. LEHR)
- 64.39 Essai d'étude des vitesses de transit dans l'appareil digestif des enfants (G. VACCA)

