

La radioactivité dans les champignons : un problème à étudier, sans dramatiser ni minimiser...

par Guy FOURRÉ (*)

Résumé : Après la catastrophe de Tchernobyl, les centaines d'analyses de champignons réalisées en Allemagne, Italie, Belgique, et en France par la CRIL-RAD, ont démontré qu'il existe des différences considérables de comportement, d'une espèce à l'autre et dans un même genre. Les analyses d'espèces **mélangées** n'avaient donc aucune signification... Par contre les recherches sur des récoltes correctement déterminées montraient que les espèces les plus contaminées, dans les régions très arrosées par les retombées de Tchernobyl, étaient toujours les mêmes. Il était donc facile de les éviter, à condition d'être bien informés.

Avec la collaboration d'un groupe d'associations — dont la **Société Botanique du Centre-Ouest** — nous avons fait analyser un certain nombre de récoltes de nos régions, à priori peu touchées par Tchernobyl. Les résultats confirment que nous avons été **presque** totalement épargnés par les retombées de l'explosion soviétique, mais que nous n'avons pas échappé à des pollutions radioactives plus anciennes.

Pendant les niveaux de contamination constatés sur les champignons du Centre-Ouest, ne paraissent pas faire courir de grands risques aux consommateurs, même si le danger de la radioactivité n'est jamais nul.

Après avoir rappelé les principales données physiques et biologiques permettant d'appréhender la nature, l'origine et les effets des phénomènes de radioactivité, nous commenterons les résultats des premières analyses de notre région. Nous verrons qu'une étude plus poussée et suivie de leur comportement face aux isotopes radioactifs pourrait peut-être apporter des enseignements intéressants sur l'écologie de nos cryptogames familiaux.

*
* *

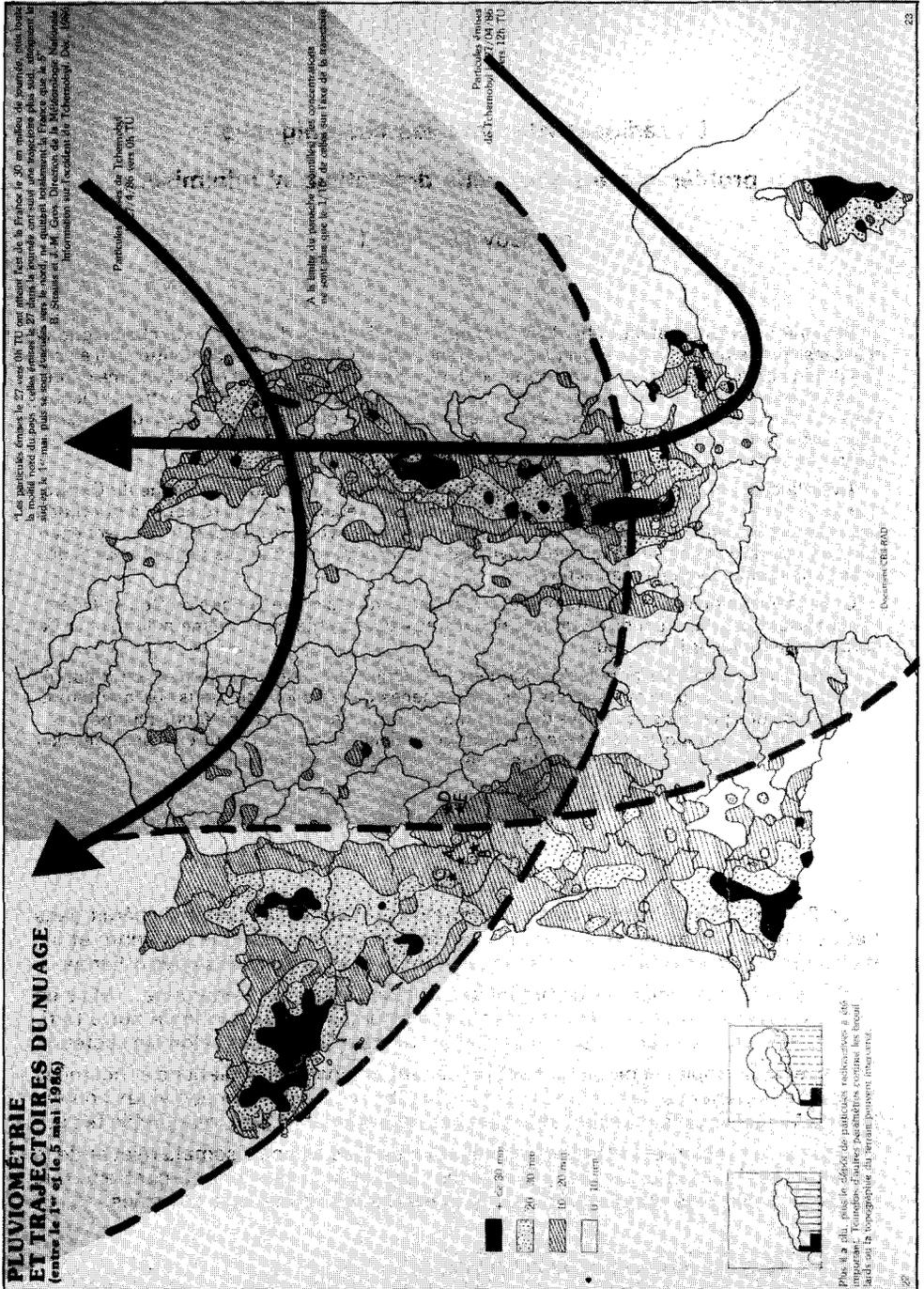
Le 26 avril 1986, l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl libérait dans l'atmosphère d'énormes quantités de particules radioactives, que les vents et les pluies allaient se charger de « redistribuer » sur la quasi totalité des pays d'Europe...

Seule la France, selon les communiqués officiels, aurait été épargnée... Mais en fait, les nuages radioactifs étaient bien passés sur la majeure partie de notre territoire (voir carte), s'abattant en pluies d'importance très inégales selon les secteurs.

Cette catastrophe écologique sans précédent amena les populations concernées à prendre conscience des dangers de la radioactivité : un phénomène vieux comme le monde, mais que le « génie » des hommes peut transformer en redoutable fléau...

Face à ce problème, l'attitude des pouvoirs publics français sembla relever de la politique de l'autruche, tandis que certains médias ne retenaient au contraire que les aspects les plus angoissants, parmi la masse d'informations diffusées.

(*) G.F. : 152, rue Jean-Jaurès, 79000 NIORT.



Deux ans après la catastrophe, nous allons tenter de proposer une approche simplifiée de ce problème complexe sans invoquer une objectivité totale qui est toujours un mythe, mais avec le souci d'une information honnête, ne cherchant ni à minimiser ni à dramatiser.

Les « bavures » du nucléaire

La radioactivité, « mais à tout prendre, qu'est-ce ? » Très schématiquement, on peut répondre qu'il s'agit d'un rayonnement résultant de la transformation de noyaux atomiques instables qui cherchent à retrouver un état stable. Ainsi l'Iode 131 est un élément instable dont les atomes se désintègrent, en produisant de la radioactivité, jusqu'à ce que le nombre de nucléons (protons + neutrons) soit ramené à 127, caractéristique de l'Iode stable.

La radioactivité peut être d'origine naturelle :

- **cosmique** : une grande partie de cette radioactivité est arrêtée par la couche d'ozone de la stratosphère ;

- **terrestre** : le sol contient certains corps radioactifs, comme l'Uranium, très localisé, ou le Potassium 40, largement mais inégalement répandu à la surface du globe.

Mais elle peut aussi avoir une origine artificielle, provoquée par l'homme : c'est la radioactivité résultant des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère, des rejets ou accidents des centrales, et aussi, mais à des niveaux beaucoup plus faibles, des rayonnements utilisés dans certaines industries, du radon apporté par certains matériaux de construction, etc...

Les analyses effectuées à l'aide d'un détecteur de rayons gamma permettent de distinguer les éléments radioactifs, tels que :

- le **Potassium** (^{40}K), d'origine terrestre et naturelle, présent en quantités non négligeables dans beaucoup d'échantillons ;

- l'**Argent radioactif** ($^{110\text{M}}\text{Ag}$) : c'est un produit d'activation de la centrale de Tchernobyl, libéré par l'explosion ;

- le **Césium 134** et le **Césium 137** n'existent pas à l'état naturel, ce sont des produits de fission provenant des explosions nucléaires provoquées (essais militaires) ou involontaires (Tchernobyl) ;

- l'**Iode 131** et le **Ruthénium 103** ont été détectés dans les premières analyses effectuées après l'explosion de Tchernobyl, mais ils disparaissent presque totalement en quelques semaines.

Il faut savoir en effet que ces divers éléments sont caractérisés par leur rythme de désintégration, très différent : on appelle période physique, ou demi-vie, le temps

Légende complémentaire de la carte

Les contaminations en Césium 134 trouvées dans les récoltes de notre région correspondent tout à fait aux limites indiquées sur cette carte : le Bolet bai, espèce particulièrement sensible, contient un peu de C. 134 à Poitiers et à la Mothe Saint-Héray, mais pas du tout à Béceleuf, 30 km plus à l'Ouest. (Document CRIL-RAD reproduit avec son autorisation).

A - La Mothe Saint-Héray (Deux-Sèvres) : C. 134 présent dans 3 analyses (*Rozites caperata*, *Laccaria amethystea*, *Xerocomus badius*) ;

B - Lezay (Deux-Sèvres) : C. 134 présent dans *Hydnum repandum* ;

C - Béceleuf (Deux-Sèvres) : pas de C. 134 dans *Xerocomus badius* ;

D - Poitiers (Vienne) : C. 134 présent dans 2 analyses (*Xerocomus badius*, *Laccaria amethystea*) ;

E - Ligugé (Vienne) : C 134 présent dans 2 analyses (*Lepista nuda* et *Clitocybe nebularis*).

nécessaire pour que la moitié des atomes se soient désintégrés. C'est une donnée extrêmement importante pour déterminer l'origine d'une pollution radioactive.

Voici quelques-unes de ces « périodes physiques » : **Iode 131** : 8 jours ; **Ruthénium 103** : 39 jours ; **Argent 110 M** : 270 jours ; **Césium 134** : 2 ans ; **Césium 137** : 30 ans ; **Plutonium** : 24 000 ans !

Attention : deux « demi-vies » ne font pas une vie entière en matière de désintégration des isotopes radioactifs : on estime qu'il faut dix périodes physiques, soit 300 ans pour le Césium 137, par exemple, pour la disparition totale de la radioactivité d'un élément.

Mais l'Iode 131, trouvé en quantités importantes dans certains aliments dans les jours qui ont suivi la catastrophe de Tchernobyl, est maintenant complètement disparu, l'Argent 110 M ne doit plus exister qu'en quantités très faibles, et le Césium 134 provenant de Tchernobyl va s'estomper assez rapidement.

Par contre le Césium 137 de même origine restera très actif jusqu'en l'an 2016 et ne disparaîtra totalement qu'en 2286 !

Signalons enfin que dans les retombées de Tchernobyl on trouvait à peu près constamment deux fois plus de Césium 137 que de 134 la première année, trois fois plus la 2^e année (du fait de la désintégration plus rapide du second). Cette proportion constituait en quelque sorte la « signature » de la contamination provenant de Tchernobyl et il était particulièrement important, de ce fait, d'effectuer des analyses pendant les deux premières années, tant que le Césium 134 était présent en quantité suffisante pour révéler l'origine de la pollution.

La bataille des normes

La radioactivité produite se mesure en becquerels (Bq) par kilo, ou en Nanocuries (nCi). Une nanocurie = 37 becquerels.

Des normes à ne pas dépasser ont été établies, au niveau européen, pour les produits alimentaires : elles sont de 600 Bq/kg de poids frais pour les adultes et la plupart des denrées ; de 370 Bq/kg pour le lait et les aliments destinés aux nourrissons (pour le Césium 134 et le Césium 137 cumulés).

Ces normes ne constituent en aucune manière un seuil en-deçà duquel le risque serait nul, mais un niveau de risque considéré comme acceptable.

De nombreux pays ont fixé des normes plus basses : 370 Bq pour tous les aliments aux Etats-Unis, 300 en Suède. Certains pays d'Asie et du Moyen-Orient appliquent des règles draconiennes — moins de 100 Bq — pour les produits d'importation.

A part la Grande-Bretagne, qui tolère 1000 Bq dans la viande pour le commerce intérieur, aucune réglementation ne dépasse les seuils de 370 et 600 Bq.

Au sein de la Communauté Européenne, les normes actuelles sont très discutées. Elles ont été reconduites en décembre 1987 : l'Allemagne, le Luxembourg et le Danemark étaient partisans d'abaisser le seuil, mais la France, championne du monde de la tranquillisation, voulait au contraire le faire relever assez considérablement ! Et nos pouvoirs publics se refusent à faire appliquer cette réglementation sur notre territoire !

Les normes communautaires sont exprimées en Becquerels, c'est-à-dire en nombre de désintégrations par seconde, par kilo ou par litre.

Mais les effets biologiques sur l'homme se calculent en Rems ou Sieverts et tiennent compte de l'énergie et de la nature du rayonnement. La L.A.I. (Limite Annuelle d'Incorporation) est estimée à 5 mSv (milli-Sievert) ou 500 mRems. Pour chaque

radio-élément, une correspondance a été établie : par exemple on considère qu'il faut absorber 400 000 Bq de Césium, pour le corps entier et en un an, pour atteindre la L.A.I. de 5 mSv.

La Grande-Bretagne et l'Allemagne Fédérale ont défini des L.A.I. différenciées suivant les tranches d'âge : ainsi pour l'Iode 131, la L.A.I. est atteinte avec 100 000 Bq pour les adultes, mais 36 000 suffisent pour un enfant de 10 ans et 13 000 seulement pour un bébé d'un an.

Mieux vaut prévoir : nos voisins anglo-saxons ont aussi établi des « limites dérivées », pour les différents produits et les diverses tranches d'âge, afin de permettre aux pouvoirs publics, en cas d'accident nucléaire, de prendre des décisions rapides d'élimination temporaire de certains produits, et de protection des individus les plus menacés. En France on n'a rien prévu de tel. Puisque les nuages radioactifs ont le bon goût de contourner nos frontières !

Les risques et les remèdes

Quels sont les dangers de la radioactivité ? Cela dépend de la nature des éléments radioactifs et de la façon dont on les reçoit. Mais l'action des rayonnements provoque des phénomènes d'ionisation et d'excitation qui peuvent modifier les structures et le métabolisme cellulaire. Et ce dysfonctionnement peut entraîner des phénomènes de cancérisation ou de malformations génétiques.

L'exposition directe à un rayonnement intense, du fait d'une explosion nucléaire ou d'un accident majeur dans une centrale, peut être mortelle à bref délai pour les êtres vivant à proximité. **Le contact** avec des particules radioactives, entraînées par le vent et les pluies, peut produire des lésions plus ou moins importantes.

L'absorption par ingestion, avec les aliments, est une contamination interne plus insidieuse : les différents isotopes radioactifs se fixent de façon élective sur certains organes : l'Iode 131 sur la thyroïde, les Césiums dans les muscles et le foie, le Strontium dans les os.

L'Iode 131 est particulièrement dangereux, du fait de son action sur la thyroïde, et notamment chez les enfants et les femmes enceintes. Il existe un moyen de protection, en cas de très forte contamination par cet élément, qui consiste à absorber des comprimés d'Iodure de potassium — ou tout simplement 20 gouttes, diluées, de teinture d'Iode — pour empêcher, par un phénomène de saturation, la fixation de l'Iode radioactif.

Mais le meilleur remède, en cas de catastrophe, est **l'information rapide et précise des populations menacées**. Il faut savoir, par exemple, que les végétaux vivants évacuent progressivement les particules radioactives qu'ils ont reçues. Par contre cette élimination naturelle ne se produit plus dans les végétaux morts. Ainsi les foin qui ont été coupés peu après la catastrophe de Tchernobyl ont stocké des éléments radioactifs qui ont été absorbés, plusieurs mois après, par les animaux consommant ces fourrages, et cette contamination indirecte est passée en partie dans la viande et le lait.

Il aurait suffi, dans les jours qui ont suivi Tchernobyl, d'informer clairement et rapidement les populations des régions touchées par les nuages radioactifs, pour limiter considérablement les risques d'ingestion d'aliments contaminés, en les remplaçant par d'autres moins touchés.

La création de la CRII-RAD

C'est justement l'absence d'informations de la part des services officiels qui a entraîné la création de la CRII-RAD (Commission Régionale Indépendante d'Information sur la Radioactivité), par un groupe d'universitaires du Sud-Est de la France.

Cette association, animée par Mme Michèle RIVASI, Professeur agrégé de biologie, a rapidement acquis une audience nationale et même internationale. Créée le 15 mai 1986, la CRIL-RAD installa en septembre à Montélimar un laboratoire très performant, équipé maintenant de deux spectromètres gamma au Germanium hyperpur (un investissement de l'ordre de 500 000 F !), ce qui permet de mesurer avec précision la radioactivité en Iode 131, Césium 134 et 137, etc.

Ouvert à tout le monde (1), le laboratoire réalise des milliers d'analyses et publie régulièrement les résultats. La CRIL-RAD compte maintenant 2800 adhérents, dans toute la France, et diffuse un excellent bulletin tiré à 8000 exemplaires.

A propos de mesures, signalons que certaines « démonstrations de mesure de la radioactivité » à l'aide d'appareils sommaires, de type « Compteurs Geiger », relèvent de l'escroquerie médiatique : en fait de « poêle à frire », c'était « la poêle à frime », car ce type d'appareils ne permet absolument pas de déceler une contamination de l'ordre de quelques centaines de becquerels par kg.

Trois sociétés proposent sur le marché des appareils valables pour déterminer si un produit est ou non contaminé, mais ces systèmes ne permettent pas de quantifier la contamination éventuelle, et ils coûtent déjà de 15 à 40 000 F.

La CRIL-RAD organise des stages d'information, ouverts à toutes les personnes intéressées, sur les problèmes de la radioactivité.

Les biologistes et les médecins qui militent au sein de cet organisme se battent également pour l'abaissement des normes considérées comme acceptables, des travaux récents semblant démontrer que les dangers des faibles doses de rayonnement radioactif sont très largement sous-évalués.

Les faibles doses : un peu comme le tabac

Les effets de la radioactivité, **aux faibles doses**, se traduisent par un risque statistique, difficile à percevoir au niveau de l'individu. Pour faire comprendre la nature de ce risque, on pourrait le comparer à celui du tabac : les fumeurs ne meurent pas tous et obligatoirement d'un cancer du poumon, heureusement ! Mais on sait de façon indiscutable qu'il y a beaucoup plus de cancers du poumon chez les fumeurs que chez les non fumeurs.

Pour la radioactivité, les plus optimistes des scientifiques « officiels » estiment que **la limite annuelle d'incorporation de 400 000 Bq correspond statistiquement à l'apparition de 6 cancers supplémentaires et 2 malformations génétiques de plus sur 100 000 personnes.**

On peut toujours espérer ne pas faire partie de ces 0,0008 % de malchanceux. Mais il est préférable d'essayer, comme pour le tabac, de réduire les risques quand on est informé de leur existence.

Et il est pour le moins surprenant de constater que le Ministère français de la Santé, qui mène vigoureusement campagne contre le tabagisme, s'acharne à cacher et minimiser les risques de la radioactivité. Mais les intérêts économiques et politiques liés à l'industrie nucléaire sont sans commune mesure avec ceux des producteurs de tabac, et ceci explique sans doute cela...

(1) adresse : 8, rue Louise-Gémard, 26200 MONTÉLIMAR (Tél. : 75.51.33.40).

Le cas particulier des champignons

Après avoir essayé de donner, très schématiquement et imparfaitement sans doute, une vue d'ensemble du problème de la radioactivité, voyons maintenant ce qu'il en est pour des « produits » qui nous sont chers, les champignons.

Si ces cryptogames étaient seulement, comme le pensent les profanes, des végétaux temporaires ne vivant que quelques jours, il aurait suffi d'éviter ceux qui étaient présents au moment de la catastrophe de Tchernobyl, à une époque de l'année où ils devaient du reste être relativement peu nombreux.

Mais les mycologues savent bien que ce que l'on appelle « champignon » n'est que le « fruit », éphémère, d'un « arbre » souterrain, invisible mais présent en permanence, le mycélium. Et cet appareil végétatif puisant sa nourriture sur d'autres végétaux permanents, soit morts (pour les saprophytes), soit vivants (pour les parasites et mycorrhiziens), on peut légitimement craindre une accumulation de toute pollution par le mycélium, et le transfert de cette contamination dans les carpophores que l'on récolte pour les manger.

Les études effectuées à l'étranger, notamment en Allemagne et en Suisse, ont d'ailleurs démontré la présence de résidus non négligeables de métaux lourds (mercure, cadmium, plomb, etc.) dans les champignons, surtout dans certaines stations exposées à la pollution atmosphérique.

Les mycologues se sont donc rapidement inquiétés, surtout dans les pays voisins, d'une probable contamination des champignons par les retombées radioactives de Tchernobyl, et dès les premiers jours de mai 1986, des associations mycologiques d'Italie du Nord avaient mis de côté des récoltes pour les faire analyser.

En France, l'un des premiers mycologues à s'intéresser à ce problème fut M. Olivier DAILLANT, membre de la Société Mycologique de France, domicilié en Saône-et-Loire, déjà sensibilisé aux questions de mycotoxicologie, et informé plus facilement que d'autres, grâce à son métier (il est interprète dans les conférences internationales européennes) des travaux réalisés par les Allemands et les Italiens.

De son côté la CRII-RAD avait eu le mérite de rechercher la collaboration des mycologues. Une collaboration indispensable, car toutes les analyses réalisées démontreraient qu'il existe des différences considérables de contamination entre les diverses espèces de champignons, même botaniquement très proches et récoltés en un même lieu. Il est donc absolument primordial d'identifier de façon précise les espèces analysées, les recherches portant sur des groupes de champignons mélangés n'ayant aucune signification.

Le « palmarès » des espèces les plus touchées

Les analyses d'espèces identifiées, réalisées en Allemagne, Belgique, Luxembourg, Italie, et dans la moitié Est de la France par la CRII-RAD, sont largement concordantes sur le « palmarès » des espèces les plus contaminées par les retombées radioactives.

On trouve généralement dans le groupe de tête deux Bolets, *Xerocomus chrysen-teron* et *Xerocomus badius*, suivis un peu plus loin du *Laccaria amethystea* (Laqué améthyste), des *Cantharellus tubaeformis* et *lutescens* (Chanterelles en tube), des *Craterellus cornucopioides* (Trompettes de la mort), de l'*Hydnum repandum* (Pied de mouton), etc.

Tableau n° 1 : COMPARAISON, POUR 56 ESPECES DE CHAMPIGNONS,
DES ANALYSES DE RADIOACTIVITE EFFECTUEES PAR 11 LABORATOIRES DE 5 PAYS D'EUROPE

ESPECE (Nom scientifique et nom vernaculaire) (1)	LIEU DE RECOLTE Pays et région (Laboratoire) (2)	DATE de RECOLTE (3)	Contamination en CESIUM (exprimée ou convertie en Becquerels par kilo frais)		
			C.134	C.137	TOTAL
- <i>Agaricus campestris</i> (Rosé des prés)	- Italie, Basovizza	8/9/86	0	15	15
	- France, Isère (CRIIRAD)	10/10/87	0	0	0
	- France, Aveyron (CRIIRAD)	15/10/87	0	0	0
- <i>Agrocybe aegerita</i> (Pholiote du peuplier)	- Italie, Bolzano (SFS) (M:2) (4)	9-12/5/86	-	-	88
	- Italie, Trieste	10/9/86	-	-	62
- <i>Amanita caesarea</i> (Oronge vraie)	- Italie, Trieste	7/7/86	0	0	0
	- France, Drôme (CRIIRAD)	9/87	4	12	16
- <i>Amanita rubescens</i> (Golmotte)	- Belgique, Mol (CEN)	9/11/86	0	80	80
	- France, Loire (CRIIRAD)	7/87	0	155	155
- <i>Armillariella mellea</i> (Armillaire de miel)	- France, Saône-et-Loire (CRIIRAD)	10/86	5	21	26
	- Belgique (CEN-CAMIRA) (M:4)	9-10/86	5	13	18
	- Italie, Bolzano (SFS)	19/9/86	-	-	48
	- France, Drôme (CRIIRAD)	10/11/87	0	7	7
- <i>Boletus aereus</i> (Cèpe "tête de nègre")	- France, Loire (CRIIRAD)	9/87	10	115	125
	- France, Ardèche (CRIIRAD)	27/10/87	0	0	0
- <i>Boletus aurantiacus</i> (Bolet orangé)	- Allemagne, Schwetzingen (TUV)	9/86	23	60	83
	- France, Haute-Loire (CRIIRAD)	10/86	0	5	5
	- France, Dordogne (CRIIRAD)	16/10/87	0	0	0
- <i>Boletus badius</i> (Bolet bai)	- Allemagne, Schwetzingen (TUV)	9/86	170	500	670
	- Luxembourg (RAD-LUX) (M:5)	1986	264	684	948
	- Belgique (CEN-CAMIRA-IRE) (M:12) (5)	9-11/86	158	438	596
	- France, Loire (CRIIRAD)	8/87	270	1113	1383
	- France, Lozère (CRIIRAD)	8/87	210	820	1030
	- France, Drôme (CRIIRAD)	28/10/87	189	1152	1341
	- France, Landes (CRIIRAD)	15/11/87	0	174	174
	- France, Lot (CRIIRAD)	6/10/87	0	0	0
	- Allemagne, Scheyern Sud (U.M.)	9/9/86	-	-	860
- <i>Gyroporus castaneus</i> (Bolet châtain)	- Allemagne, Schwetzingen (TUV)	9/86	11	38	49
	- France, Haute-Corse (CRIIRAD)	25/10/87	4	14	18
- <i>Boletus chrysenteron</i> (Bolet à chair jaune)	- Belgique (CAMIRA-IRE)	30/9/86	420	1020	1440
	- France, Loire (CRIIRAD)	8/87	562	1889	2451
	- France, Puy-de-Dôme (CRIIRAD)	1/11/87	146	639	785
- <i>Boletus edulis</i> (Cèpe de Bordeaux)	- Belgique (CEN) (M:3) (6)	9-11/86	31	80	111
	- Luxembourg (RAD-LUX)	9/86	5	36	41
	- Allemagne, Schwetzingen (TUV)	9/86	8	18	26
	- Italie, Bolzano (SFS) (M:5)	9/86	-	-	28
	- France, Ardèche (CRIIRAD)	10/87	4	45	49
	- France, Corrèze (CRIIRAD)	12/10/87	0	38	38
- <i>Boletus erythropus</i> (Bolet à pied rouge)	- Allemagne, Starnberg (U.M.)	7/7/86	-	-	6
	- Italie, Bolzano	7/6/86	-	-	22
	- France, Ardèche (CRIIRAD)	10/10/87	6	18	24
- <i>Boletus granulatus</i> (Bolet granulé)	- Allemagne, Starnberg (U.M.)	30/7/86	-	-	641
	- France, Var (CRIIRAD))	11/87	101	442	543
- <i>Boletus luteus</i> (Nonette voilée)	- Allemagne, Schwetzingen (TUV)	9/86	77	230	307
	- France, Savoie (CRIIRAD)	30/10/87	64	267	331

Tableau n° 1 (suite)

ESPECE (Nom scientifique et nom vernaculaire) (1)	LIEU DE RECOLTE Pays et région (Laboratoire) (2)	DATE de RECOLTE (3)	Contamination en CESIUM (exprimée ou convertie en Becquerels par kilo frais)		
			C.134	C.137	TOTAL
- <i>Boletus subtomentosus</i> (Bolet subtomenteux)	- Italie, BL (SFS)	15/9/86	-	-	26
	- France, Haute-Loire (CRIIRAD)	8/87	20	66	86
- <i>Boletus versicolor</i>	- France, Saône-et-Loire (CRIIRAD)	1/9/87	0	0	0
- <i>Calocybe gambosa</i> (Tricholome de la St-Georges)	- Italie, Trieste	1/5/86	-	-	207
	- Italie, Trieste	12/5/86	-	-	520
	- Italie, Bolzano (SFS)	9/5/86	-	-	222
- <i>Cantharellus cibarius</i> (Girolle)	- Allemagne, Schwetzingen (TUV)	9/86	25	120	145
	- Italie, Bolzano (SFS)	24/7/86	-	-	100
	- France, Ardèche (CRIIRAD)	7/87	12	28	40
	- France, Isère (CRIIRAD)	6/87	14	54	68
	- France, Loire (CRIIRAD)	7/87	5	16	21
- <i>Cantharellus lutescens</i> (Chanterelle jaunissante)	- France, Drôme (CRIIRAD)	10/87	230	730	960
	- France, Drôme (CRIIRAD)	10/87	23	65	88
	- France, Drôme (CRIIRAD)	10/87	369	1133	1502
	- France, Drôme (CRIIRAD)	14/10/87	315	965	1280
	- France, Jura (CRIIRAD)	14/10/87	184	624	808
	- France, Loire (CRIIRAD) même origine (?)	10/1982 11/1986	0 102	644 809	644 911
- <i>Cantharellus tubaeformis</i> (Chanterelle en tube)	- Belgique, Les Bulles (CEN)	11/11/86	75	217	292
	- France, Jura (CRIIRAD)	1/12/87	196	963	1159
	- France, Vosges (CRIIRAD)	10/87	505	1790	2295
	- France, Mayenne (CRIIRAD)	18/11/87	9	20	29
	- Luxembourg (RAD-LUX)	1986	37	53	90
- <i>Clitocybe nebularis</i> (Clitocybe nébuleux)	- Belgique (C.E.N.)	5/10/86	11	21	32
	- France, Doubs (CRIIRAD)	10/87	0	29	29
	- France, Jura (CRIIRAD)	14/10/87	116	420	536
	- Belgique, Mol (CEN)	9/11/86	1,6	2,9	4
- <i>Coprinus comatus</i> (Coprin chevelu)	- France, Drôme (CRIIRAD)	10/87	0	0	0
- <i>Craterellus cornucopioides</i> (Trompette de la mort) (8)	- France, Doubs (SCPRI)	25/9/87	21	73	94
	- France, Savoie (SCPRI)	27/9/87	0	0	0
	- France, Meuse (RAD-LUX)	10/86	3	15	18
	- France, Drôme (CRIIRAD)	10/87	0	0	0
	- France, Isère (CRIIRAD)	10/87	24	71	95
	- Luxembourg (RAD-LUX)	24/5/86	42	105	147
- <i>Hydnum repandum</i> (Pied de mouton)	- France, Saône-et-Loire (CRIIRAD)	10/86	0	49	49
	- France, Alpes de Hte-Prov.(CRIIRAD)	11/86	15	24	39
	- France, Lyon (SCPRI)	25/9/87	26	190	216
	- France, Lyon (SCPRI)	25/9/87	0	0	0
	- France, Isère (CRIIRAD)	9/87	138	987	1125
	- France, Lozère (CRIIRAD)	10/87	55	700	755
	- France, Ardèche (CRIIRAD)	12/10/87	0	à	0
	- France, Vaucluse (CRIIRAD)	7/10/87	152	1200	1352
- <i>Hygrophorus niveus</i> (Hygrophore blanc de neige)	- France, Jura (CRIIRAD)	27/11/87	0	9	9
- <i>Hygrophorus pratensis</i> (Hygrophore des prés)	- France, Jura (CRIIRAD)	28/11/87	0	57	57

Tableau n° 1 (suite)

ESPECE (Nom scientifique et nom vernaculaire) (1)	LIEU DE RECOLTE Pays et région (Laboratoire) (2)	DATE de RECOLTE (3)	Contamination en CESIUM (exprimée ou convertie en Becquerels par kilo frais)		
			C.134	C.137	TOTAL
- <i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> ("Fausse Girolle")	- Luxembourg (RAD-LUX)	1986	164	306	470
	- Belgique, Mol (CEN) (M:2)	11/86	33	80	113
- <i>Laccaria amethystea</i> (Laqué améthyste)	- France, Loire (CRIIRAD)	8/87	329	1183	1512
	- France, Lozère (CRIIRAD)	10/87	54	203	257
	- France, Puy-de-Dôme (CRIIRAD)	9/87	220	908	1128
- <i>Laccaria laccata</i> ("Laqué")	- Belgique, Mol (CEN)	9/11/86	68	340	408
- <i>Lactarius deliciosus</i> (Lactaire délicieux)	- Italie, BL (SFS)	15/9/86	-	-	118
	- France, Drôme (CRIIRAD)	9/87	10	22	32
	- France, Var (CRIIRAD)	10/11/87	18	95	113
	- France, Var (CRIIRAD)	2/11/87	145	525	670
- <i>Lactarius plumbeus</i>	- France, Loire (CRIIRAD)	8/87	362	1528	1890
- <i>Lactarius sanguifluus</i> (Lactaire sanguin)	- Belgique, Bure (CEN)	5/10/86	3	8	11
- <i>Macrolepiota procera</i> (Lépiote élevée, ou "grande Coulemelle")	- Allemagne, Mannheim (TUV)	15/9/86	11	19	30
	- Allemagne, Stuttgart (CLUA)	10/9/86	-	-	9
	- Italie, Valdaora (BL)	30/7/86	-	-	170
	- France, Aroèche (CRIIRAD)	10/87	0	0	0
- France, Haut-Rhin (CRIIRAD)	29/10/87	0	23	23	
- <i>Macrolepiota rhacodes</i> (Lépiote déguenillée)	- Belgique, Maissin (CEN)	5/10/86	4	7	11
	- France, Ain (CRIIRAD)	17/10/87	0	0	0
- <i>Lepista luscina</i> (Argouane, ou Poivrade)	- France, Ain (CRIIRAD)	18/10/87	0	0	0
- <i>Lepista nuda</i> (Pied bleu des bois)	- Luxembourg (RAD-LUX)	1986	22	48	70
	- Belgique (CEN) (M:2)	10/11/86	7	20	27
	- France, Htes-Alpes (CRIIRAD)	1/11/87	8	20	28
- <i>Marasmius oreades</i> (Marasme des Oréades, faux mousseron, pied dur)	- France (Drôme) (CRIIRAD)	9/87	4	14	18
	- France, Isère (CRIIRAD)	10/87	0	0	0
	- France, Gard (CRIIRAD)	17/10/87	0	12	12
- <i>Morchella conica</i> (Morille)	- Italie, Trieste	12/5/86	-	-	263
- <i>Morchella vulgaris</i> (Morille commune)	- Luxembourg (RAD-LUX)	25/5/86	5	20	25
- <i>Paxillus involutus</i> (Paxille enroulé)	- Belgique (CEN, CAMIRA, IHE, IRE) (M:7)	1986	178	485	663
	- Belgique, Champlon (CEN) (9)	19/11/86	695	1720	2415
	- France, Loire (CRIIRAD)	8/87	415	1352	1767
	- France, Haute-Loire (CRIIRAD)	28/10/87	6	16	22
- <i>Kuehneromyces mutabilis</i> (Pholiote changeante)	- Allemagne, Schwetzingen (TUV)	9/86	37	55	92
	- Luxembourg (RAD-LUX)	1986	43	85	128
	- Belgique (CAMIRA, IRE) (M:2)	30/9/86	42	150	192
- <i>Pleurotus cornucopiae</i> Pleurote corne d'abondance	- France, Jura (CRIIRAD)	26/9/87	4	14	18
- <i>Pleurotus eryngii</i> (Pleurote du panicaut)	- France, Aveyron (CRIIRAD)	15/10/87	0	0	0
- <i>Pleurotus ostreatus</i> (Pleurote en huître)	- Luxembourg (RAD-LUX)	10/86	6	16	22
	- France, Gard (CRIIRAD)	17/10/87	0	0	0

Tableau n° 1 (suite)

ESPECE (Nom scientifique et nom vernaculaire) (1)	LIEU DE RECOLTE Pays et région (Laboratoire) (2)	DATE de RECOLTE (3)	Contamination en CESIUM (exprimée ou convertie en Becquerels par kilo frais)		
			C.134	C.137	TOTAL
- <i>Rozites caperata</i> (10) (Pholiote ridée)	- Allemagne, Starnberg (U.M.)	30/7/86	-	-	7149
	- France, Puy-de-Dôme (CRIIRAD)	26/9/87	156	915	1071
- <i>Russula albonigra</i>	- France, Ain (CRIIRAD)	27/9/87	26	91	117
- <i>Russula caerulea</i>	- France, Isère (CRIIRAD)	26/10/87	0	20	20
- <i>Russula cyanoxantha</i> (Russule charbonnière)	- Italie, Bolzano (SFS)	9/6/86	-	-	107
- <i>Russula ochroleuca</i>	- France, Jura (CRIIRAD)	21/11/87	336	1454	1790
	- France, Loire (CRIIRAD)	15/9/87	47	352	399
- <i>Sarcodon imbricatum</i> (Hydne imbriqué)	- Italie, BL (SFS)	14/9/86	-	-	276
	- France, Jura (CRIIRAD)	10/87	33	238	271
	- France, Ardèche (CRIIRAD)	31/10/87	26	530	556
- <i>Sparassis crispa</i> (Clavaire crêpue)	- Allemagne, Schwetzingen (TUV)	9/86	9	12	21
	- France, Hte-Loire (CRIIRAD)	26/10/87	3	50	53
- <i>Tricholoma equestre</i> "Chevalier", "Jaunet" ..	- France, Loire (CRIIRAD)	29/10/87	4	32	36
	- France, Hte-Loire (CRIIRAD)	2/11/87	60	904	964
	- France, Lozère (CRIIRAD)	10/11/87	0	147	147
- <i>Tricholoma portentosum</i> (Tricholome prétentieux)	- France, Hte-Loire (CRIIRAD)	1/11/87	8	72	80
	- France, Puy-de-Dôme (CRIIRAD)	7/11/87	2	24	26
- <i>Tricholoma terreum</i> (Petit gris, brunette)	- France, Alpes de HP (CRIIRAD)	26/10/87	36	127	163
	- France, Vaucluse (CRIIRAD)	27/10/87	0	40	40
- <i>Tuber melanosporum</i> (Truffe dite "du Périgord)	- France, Ardèche (CRIIRAD)	12/2/87	0	0	0

NOTES CONCERNANT LE TABLEAU N° 1

(1) Les binômes retenus pour les noms scientifiques correspondent en général à la nomenclature la plus récente. Cependant, pour quelques sous-genres élevés au rang de genres par certains auteurs, nous avons conservé le nom de genre au sens large, notamment pour les Bolets. Si nous avions employé *Xerocomus* pour le Bolet bai et ses voisins, nous aurions dû aussi utiliser *Krambolziella* pour le Bolet orangé et *Suillus* pour le granulé et la Nonette, ce qui aurait peut-être désorienté quelques lecteurs, dans la mesure où la disposition en tableaux nous empêchait d'indiquer en même temps la synonymie. Pour les noms vernaculaires, nous avons choisi ceux qui nous paraissent les plus employés. Le nom latin complété par une appellation populaire doivent éviter toute ambiguïté, sauf pour certaines espèces collectives, comme l'Armillaire de miel et le Tricholome équestre, pour lesquels les renseignements dont nous disposions ne permettaient pas de faire la distinction entre les différents taxa qui ont été récemment précisés.

(2) Pour certaines analyses effectuées en Italie, nous n'avons pas trouvé de référence à un laboratoire précis. Pour tous les autres résultats, voici la signification, dans l'ordre où ils apparaissent sur notre tableau, de sigles désignant les laboratoires :

- CRIIRAD : Laboratoire de la " Commission Régionale Indépendante d'Information sur la Radioactivité ", 8, rue Louise Gémard - 26200 MONTELIMAR.
- SFS : Servizio di Fisica Sanitaria Ospedale Generale Regionale di Bolzano (Italie) ;
- CEN : Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, Booretang 200 - B-2400 MOL (Belgique) ;
- CAMIRA : Faculté des Sciences Agronomiques, avenue de la Faculté 8, B-5800 GEMBLoux (Belgique) ;

- TUV : Technischer Überwachungs-Verein Baden E.V., Dudenstrasse 28 - 6800 MANNHEIM 1 ;
- RAD-LUX : Ministère de la Santé, Division de la Radioprotection, LUXEMBOURG ;
- IRE : Institut des Radio-éléments - B-6220 FLEURUS (Belgique) ;
- U.M. : Faculté de Médecine de l'Université de MUNICH (Allemagne) ;
- SCPRI : Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, LE VESINET, 78110 (France)
- CLUA : C.L.U.A. STUTTGART (Allemagne) ;
- IHE : Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, rue Juliette Wytsman 14, B-1050 BRUXELLES (Belgique) ;

La mention " Allemagne " se rapporte à la République Fédérale d'Allemagne.

Pour le service officiel français SCPRI nous n'avons retenu - comme pour les autres laboratoires du reste - que des analyses portant sur des espèces pouvant être identifiées, soit par l'indication de leur nom scientifique, soit par un nom populaire ne prêtant pas à confusion, " Trompette de la mort " ou " Pied de mouton " par exemple.

Nous avons converti en becquerels les mesures exprimées en nanocuries (laboratoires italiens), sachant qu'une nanocurie représente 37 Becquerels.

- (3) Nous avons indiqué en gras quelques dates de récoltes particulièrement intéressantes, antérieures à la catastrophe de Tchernobyl ou effectuées dans les jours qui ont suivi, notamment en Italie.
- (4) La mention (M:2) signifie qu'il s'agit d'une moyenne de plusieurs analyses : le chiffre indique le nombre de récoltes entrant dans cette moyenne.
- (5) Cette moyenne a été calculée sur un nombre relativement élevé de résultats, présentant des écarts assez considérables : de 39 à 1903 Bq/Kg frais pour les deux extrêmes !
- (6) L'une des 6 récoltes entrant dans cette moyenne atteint 294 Bq/Kg frais, chiffre qui semble tout à fait exceptionnel pour le " Cèpe de Bordeaux ".
- (7) Il est intéressant de comparer ces deux récoltes provenant de la même localité : avant Tchernobyl on trouvait déjà un taux élevé de Césium 137, mais pas du tout de 134, ce qui est normal. Six mois après la catastrophe soviétique, le C. 134 est présent, et le C. 137 a augmenté de 165 Bq.
- (8) Les Trompettes de la mort ont été citées, dans divers articles, comme une espèce assez fortement contaminée. Cependant nous n'avons pas trouvé de chiffres élevés dans les résultats que nous avons rassemblés. Mais il est possible que d'autres analyses aient mis en évidence un taux important.
- (9) Cette récolte est comprise dans la moyenne de la ligne précédente. Il est à noter que le Paxille enroulé était déjà l'une des espèces les plus touchées par la radioactivité avant Tchernobyl, selon l'étude de K. HASELWANDTER (voir bibliographie).
- (10) La Pholiotte ridée était également une espèce très contaminée avant Tchernobyl.

Commentaires sur le Tableau n° 1

Des normes établies pour le poids frais

Nous avons indiqué en caractères gras, dans les colonnes de résultats, ceux qui concernent des récoltes analysées à l'état frais, et celles dont le rapport entre le poids frais et le poids sec était connu avec précision : c'est notamment le cas des résultats provenant des laboratoires de Belgique et du Luxembourg.

Pour un grand nombre d'analyses réalisées sur des échantillons secs, la conversion en becquerels par kg de matière fraîche est une évaluation. La CRII-RAD, dans ses dernières listes de résultats de champignons, indique en marge un rapport moyen poids frais/poids sec pour chaque espèce, en fonction de ce qui a pu être constaté par ce laboratoire dans ses premières séries : ainsi les « Pieds de mouton » donneraient en moyenne 18 % de poids sec, contre 10 % pour le Cèpe de Bordeaux...

Nous ne partageons pas tout à fait ce point de vue, en raison des écarts considérables qui peuvent exister, en matière de teneur en eau, entre deux récoltes d'une même espèce. Ainsi dans l'étude de O. GUILLITTE & al. (voir bibliographie), où le rapport poids frais/poids sec est

indiqué avec précision pour la grande majorité des analyses, on constate qu'il varie de 5 à 11 % pour les Bolets bails, de 7 à 17 % pour les Cèpes de Bordeaux, de 5 à 10 % pour le Paxille enroulé, etc.. Et pour nos propres récoltes pesées à l'état frais, les *Cantharellus lutescens* de l'île d'Oléron ne représentaient que 8,3 % en poids sec, alors que la moyenne de la CRII-RAD pour cette espèce serait de 19 %...

Nous avons donc préféré nous en tenir, **pour l'ensemble des espèces au chiffre moyen de 10 %**, en considérant, avec la plupart des mycologues, que les champignons contiennent généralement 90 % d'eau, bien que leur poids à l'état sec puisse varier du simple au double en fonction des circonstances atmosphériques au moment de la récolte.

Pour toutes les analyses exprimées en Bq/kg sec et dont le rapport exact poids frais/poids sec n'était pas connu, nous avons donc divisé par 10 le nombre de becquerels trouvés à l'état sec, pour obtenir l'évaluation à l'état frais figurant sur notre tableau.

Cette conversion, même si elle est approximative dans nombre de cas, est indispensable pour pouvoir comparer avec les normes officielles, qui sont fixées en Bq/kg frais.

Par contre, pour étudier et comparer le comportement des différentes espèces, les unes par rapport aux autres, les chiffres les plus valables sont ceux qui sont mesurés à l'état sec.

Comestibles et « indicateurs biologiques »

Devant l'impossibilité matérielle de récapituler tous les résultats d'analyses de champignons, nous avons donné la priorité aux espèces comestibles, en raison du danger que pourrait éventuellement présenter leur consommation.

Mais il faut signaler que certaines espèces non consommées présentent des taux de contamination très élevés : c'est le cas, par exemple, du *Cortinarius armillatus*, qui était déjà très largement en tête avant Tchernobyl, en 1974.

Dans une communication présentée au IV^e Symposium International de Radioécologie à Cadarache en mars 1988, J. LAMBINON, A. FRAITURE, M.C. GASIA et O. GUILLITTE, citent des moyennes d'analyses très élevées pour *Cortinarius armillatus*, *Clitocybe clavipes*, *Lactarius theiogalus*, *Cortinarius alboviolaceus*, *Cortinarius brunneus*, *Tylophilus felleus*, etc..

Ces espèces sensibles pourraient jouer le rôle « d'indicateurs biologiques », mais il faut se garder des généralisations : même si les Cortinaires analysés jusqu'à présent sont très contaminés pour la plupart, il en existe un si grand nombre d'espèces qu'il serait hasardeux de parler de comportement homogène du genre *Cortinarius*...

Les surprises des analyses

Notre tableau n° 1 met en évidence de nombreuses convergences, pour la plupart des espèces, entre les analyses réalisées par des laboratoires différents, et dans divers pays ou régions ayant subi les retombées de Tchernobyl.

Mais pour les espèces qui sont généralement les plus contaminées, tous les laboratoires ont constaté quelques « résultats aberrants », des récoltes semblant avoir miraculeusement échappé aux retombées. Ce qui pourrait peut-être s'expliquer par une étude minutieuse des conditions locales d'environnement.

On observe une constance beaucoup plus grande, et rassurante, dans les résultats négatifs. Les espèces qui concentrent peu la radioactivité, comme le Cèpe de Bordeaux, la Girolle, les champignons praticoles (Psalliotés, Lépiotes, etc.), **ne sont jamais et nulle part contaminés** (du moins jusqu'à maintenant et à notre connaissance). Ainsi pour le Cèpe de Bordeaux, nous signalons une analyse atteignant exceptionnellement 294 Bq/kg frais — ce qui est encore loin des normes officielles — mais toutes les autres analyses de *Boletus edulis*, quels que soient le pays et le laboratoire, tournent autour de 20 à 50 Bq/kg frais, d'une façon remarquablement constante.

Mais dans l'hypothèse d'une lente migration de la contamination vers le sous-sol, atteignant peu à peu des niveaux où vivent des mycéliums différents, il n'est pas impossible que des espèces aujourd'hui peu touchées le soient davantage demain, dans les régions atteintes par Tchernobyl. D'où l'intérêt de poursuivre ces analyses...

Par chance, les espèces comestibles les plus consommées, comme les Cèpes, les Girolles, les Lépiotes et les « rosés des prés », sont peu touchées par la contamination radioactive. Il est très étonnant de constater des différences de 1 à 10 entre des Cèpes et des Bolets bails de même provenance, ou entre des Girolles et des Chanterelles en tube, espèces pourtant très voisines. Plus surprenant encore le *Xerocomus versicolor*, que beaucoup de mycologues considèrent comme une simple variété du *chrysenteron*, semble concentrer beaucoup moins la radioactivité ! A ce stade, la teneur en becquerels pourrait même devenir un critère de différenciation des espèces...

Les taux de contamination relevés dans les espèces les plus sensibles dépassent parfois largement les normes communautaires en vigueur : on a signalé des taux de 15 000 et 24 000 Bq pour des Bolets bails de la région d'Ulm, en Allemagne Fédérale. Mais il ne faut pas en conclure, comme l'ont fait certains médias, que tous les Bolets sont pollués à ce point !

Car les Cèpes ne dépassent généralement pas 100 Bq, même dans les régions les plus touchées par Tchernobyl ; et tandis que *Cantharellus lutescens* atteint 1029 Bq dans la Drôme et 813 dans l'Isère, la Girolle ne dépasse pas 218 Bq en Italie, 75 à 155 en Allemagne et au Luxembourg.

Certaines espèces concentrant beaucoup la radioactivité sont heureusement des comestibles médiocres et généralement dédaignés, comme le Bolet à chair jaune (*Xerocomus chrysenteron*) ; déconseillés, comme le Paxille enroulé (*Paxillus involutus*), responsable d'intoxications graves dans certains cas ; rares dans certaines régions et par conséquent peu consommés, comme la Pholiote ridée (*Rozites caperata*) ; ou immangeables comme le Lactaire plombé (*Lactarius plumbeus*), qui contenait 1890 Bq dans une récolte de la Loire !

Il était donc facile, dans les régions les plus touchées par les retombées de Tchernobyl, d'éviter de consommer les espèces les plus contaminées, sans se priver de déguster à l'occasion Cèpes ou Girolles, très peu touchés. Encore fallait-il être informés, et sans la CRIL-RAD les consommateurs français n'en auraient jamais rien su !

Les arguments spécieux des services officiels

Car le S.C.P.R.I. (Service Central de Protection contre les Rayons Ionisants) s'employait, bien entendu, à nier toute possibilité de contamination des champignons français. Logique, puisque les nuages radioactifs avaient seulement « frôlé nos frontières » !

Pourtant de nombreuses analyses révélaient des taux dépassant les normes communautaires, et en septembre 1987, on constatait même une certaine tendance à une augmentation du taux de contamination.

Cette information, diffusée par l'Agence France Presse à tous les journaux, entraîna une réponse du S.C.P.R.I. affirmant que « les mesures effectuées par nos services n'ont jamais montré de niveaux si élevés de radioactivité ».

Mis au défi, par Mme RIVASI, de publier ses résultats, le S.C.P.R.I. le fit très discrètement, dans la revue « Le Moniteur des Pharmacies » du 31/10/87. On apprit ainsi que le service officiel français se fondait, pour dire qu'il n'y avait aucune inquiétude à avoir, sur des analyses de « Lactaires-Russules », « Bolets-Pieds mouton », « Bolets-Russules », « Chanterelles-Pieds moutons », « Bolets-Chanterelles » ou « Bolets-Girolles »... c'est-à-dire sur des analyses qui, en raison de l'absence de déterminations précises et des mélanges d'espèces ou même de genres, n'avaient absolument aucune signification. On pouvait en conclure que la mission du S.C.P.R.I. est probablement de rassurer à tout prix, fût-ce à celui du ridicule !

Le S.C.P.R.I. employait aussi un argument très spécieux, qui fut pourtant souvent repris dans les médias par des auteurs qui voulaient eux aussi rassurer les populations (et peut-être se rassurer eux-mêmes) : partant d'une « Limite Annuelle d'Incorporation » de 400 000 Bq par an, il suffisait de faire une règle de trois pour déterminer « qu'un amateur devrait consommer plus de 100 kg des chanterelles les plus contaminées pour atteindre le taux limite de Césium ».

Mais ce raisonnement supposerait que les consommateurs n'absorbent des éléments radioactifs que lorsqu'ils mangent des chanterelles, alors qu'en réalité, ils sont exposés à bien d'autres sources dont les effets se cumulent. Dire qu'il faut manger tant de kg de champignons pour atteindre le seuil dangereux ne signifie rien, pas plus que les analyses de « Bolets pieds de mouton » !

Le service officiel, dans ses résultats, mettait en évidence les teneurs en Potassium 40, souvent supérieures au taux de Césium, et certains commentateurs en tiraient des conclusions rassurantes, du genre « Vous voyez bien que nous absorbons depuis toujours du Potassium radioactif, en plus grande quantité que le Césium, et nous ne nous en portons pas plus mal... ».

En fait, selon des scientifiques allemands, le taux de K 40 présent dans les organismes humains, animaux ou végétaux, ne varie que dans des limites très faibles, **une absorption accrue de Potassium étant presque immédiatement suivie d'une élimination correspondante de cet élément. Le K 40 présent dans les aliments n'entraîne pas d'augmentation de la dose corporelle.** On ne peut donc pas le comparer avec les isotopes du Césium qui, eux, s'accumulent et se fixent de façon élective sur certains organes.

Les lignes qui précèdent ne traduisent pas une quelconque animosité à l'égard du service officiel qu'est le S.C.P.R.I., ni une volonté délibérée de monter en épingle les dangers du nucléaire. Nous avons seulement essayé de rétablir, au moins auprès de ceux qui nous liront, la réalité de résultats trop souvent déformés, voire caricaturés, par des médias manquant eux-mêmes d'information sur un sujet aussi complexe.

L'individualisme des champignons

Mais revenons à nos champignons : comment peut-on expliquer les différences considérables, d'une espèce à l'autre, pour des récoltes provenant du même secteur ? Les scientifiques se sont penchés sur ce problème, bien entendu, et un certain nombre d'explications, pouvant éventuellement se cumuler, ont été avancées :

- **métabolisme propre à chaque espèce** : chaque mycélium se « nourrit » de façon différente, et des écarts du même ordre ont été constatés pour la concentration en métaux lourds. Les plantes aromatiques sont très diversement touchées elles aussi, le Thym étant toujours l'espèce la plus contaminée ;

- **variabilité du biotope** : selon la nature du sol, argileux ou calcaire, riche en humus ou non, etc..., il peut capter plus ou moins d'éléments radioactifs et les transmettre de façon inégale au mycélium : un article du Pr PIERART, de l'Université de Mons (Belgique), explique que le mycélium semble concentrer beaucoup plus la radioactivité dans les milieux oligotrophes (pauvres en éléments nutritifs) alors que dans les milieux riches en éléments minéraux, qui entrent en compétition avec le Césium, la plante absorbe moins d'isotopes radioactifs ;

- **l'importance des précipitations** dans les jours qui ont suivi la catastrophe de Tchernobyl : il apparut rapidement qu'il existait une nette corrélation entre la pluviométrie locale et l'importance de la contamination ;

- **la nature de la végétation environnante**, selon qu'il s'agit de landes, prairies, terres cultivées, sous-bois de feuillus ou litières d'aiguilles de résineux ;

- **le niveau du mycélium**, plus ou moins profond dans le sol. Des « carottages » effectués par la CRIL-RAD pour établir le profil d'activité du sol, semblent indiquer une décroissance régulière (et logique) de 1 à 7 cm environ, une certaine stabilité de 7 à 25 cm, et une recrudescence, dans certains sols, vers 25 à 35 cm de profondeur. Le niveau d'alimentation du mycélium pourrait donc induire des différences assez importantes d'absorption d'éléments radioactifs ;

- **l'origine et la date de la pollution radioactive** : nous avons dit plus haut que la proportion de 1 à 2 pour 1986, de 1 à 3 pour 1987, entre le Césium 134 et le Césium 137, « signe » les retombées de la catastrophe de Tchernobyl. D'où l'intérêt de faire des recherches les deux premières années, avant la disparition de la plus grande partie du Césium 134. Mais lorsque l'on trouve seulement du Césium 137, ou en quantités 10 à 20 fois supérieure au 134, cela signifie que la totalité ou la majeure partie du Césium 137 ne vient pas de Tchernobyl. Le Césium 137 ayant une durée de « demi-vie » de 30 ans, les spécialistes estiment qu'il provient dans ce cas des essais nucléaires réalisés dans l'atmosphère, à des fins militaires, jusqu'en 1962. Cette contamination est donc ancienne, et elle a eu le temps de migrer dans le sol beaucoup plus profondément que les retombées récentes de Tchernobyl. Ce qui peut d'ailleurs expliquer les « pics » de Césium 137 à 30 ou 35 cm de profondeur.

Tchernobyl a vraiment épargné l'ouest

Les régions de la moitié Est de la France, plus menacées par les retombées radioactives de Tchernobyl, se sont évidemment senties plus concernées par le problème, et c'est ce qui explique que jusqu'à l'automne 1987, la quasi totalité des champignons analysés par le Laboratoire de la CRIL-RAD provenaient de la moitié Est. Aucune analyse n'avait été faite sur des champignons du Centre-Ouest.

En septembre 1987, nous avons fait faire par la CRIL-RAD un premier sondage sur trois récoltes de notre région : des Girolles provenant de Béceleuf (Deux-Sèvres), des Lépiotes déguenillées de Celles-sur-Belle (Deux-Sèvres) et des Hydnes imbriqués (*Sarcodon imbricatum*) récoltés le 5 août 1987 au bois du Fouilloux, près de La Mothe Saint-Héray. La sécheresse ayant sévi jusque là, nous n'avions pas d'autres récoltes en quantités suffisantes (il en faut environ 200 à 300 grammes).

Les Girolles et les Lépiotes déguenillées ne contenaient aucune trace décelable de radioactivité. Mais dans les Hydnes imbriqués, on mesura 3510 Bq/kg sec (soit environ 350 Bq par kg frais) de **Cesium 137, et pas du tout de C. 134.**

Ce premier résultat semblait indiquer que notre région avait été épargnée par les retombées de Tchernobyl, mais qu'elle n'avait pas échappé à une autre contamination, provenant sans doute des expériences nucléaires des années 60.

C'était un résultat trop isolé pour en tirer des conclusions, il fallait faire d'autres analyses, en particulier pour les espèces a priori les plus sensibles.

Et il était intéressant de faire analyser aussi des récoltes d'avant Tchernobyl. Encore fallait-il disposer d'échantillons suffisamment volumineux : le choix nous fut dicté par ce que le hasard nous avait fait garder en herbier comme champignons entiers, les mycologues se contentant généralement d'un tout petit fragment pour les examens microscopiques ultérieurs.

Il fallait aussi trouver le financement de ces analyses, qui coûtent environ 200 F l'une : la CRIL-RAD a un budget à boucler, et il est normal qu'elle demande une participation, d'ailleurs bien inférieure à ce que réclament d'autres laboratoires...

A l'Ouest, du nouveau !

Nous avons pu faire effectuer, par le laboratoire de la CRIL-RAD, une vingtaine d'analyses, grâce à un regroupement informel d'associations comprenant :

- la Société Botanique du Centre-Ouest ;
- La Société Mycologique du Massif d'Argenson ;
- la Société d'Etudes Scientifiques de l'Anjou ;
- La Section Mycologique de La Pouëze (Maine-et-Loire) ;
- l'U.C.A.P.E.N. (Union Centre-Atlantique pour la Protection de la Nature).

On trouvera les résultats dans le tableau n° 2 : ils nous réservaient de grosses surprises, puisque le Bolet chrysenderon était indemne, le Bolet bai très peu touché, les Chanterelles en tube et Laqués améthystes très faiblement contaminés. Le pied de mouton était un peu plus atteint, mais encore modérément, et l'une des deux récoltes de Trompettes de la mort était indemne.

La Pholiote ridée, par contre, atteint un taux non négligeable de 265 Bq/kilo frais, en seconde position dans notre « palmarès » derrière les Hydnes imbriqués de notre premier sondage, et provenant du même bois du Fouilloux.

Quant au Césium 134, sa présence — en très petites quantités — dans 4 récoltes deux-sévriennes (3 du bois du Fouilloux et 1 du bois du Chapitre près de Lezay) montrait que cette partie Sud-Est du département des Deux-Sèvres n'avait pas été totalement épargnée par Tchernobyl, mais simplement effleurée.

L'absence de 134 dans les Bolets bails de Béceleuf, à 30 km plus à l'Ouest, et sa présence dans 5 analyses de la Vienne, un peu plus à l'Est, semblent confirmer que les Deux-Sèvres se trouvaient tout à fait à la limite Sud du premier nuage radioactif, et à la limite Ouest du second, ce qui correspond parfaitement à la carte publiée par la CRIL-RAD.

Le rapport C.137/C.134 du Laqué améthyste correspond à la « signature » de Tchernobyl, et permet de penser qu'il n'a pas été touché par d'autres sources. Par contre la Pholiote ridée contenait 4695 Bq/kg sec de C. 137 contre 200 seulement de C. 134, soit 23 fois plus. Et les pieds de mouton de Lezay présentaient un rapport de 1 à 50 entre les deux Césiums. On peut en déduire, pour ces deux récoltes, que la majeure partie du C. 137 présent dans notre région provient d'une autre source que Tchernobyl.

Cette hypothèse est d'ailleurs confirmée par les 6 autres récoltes contenant exclusivement du 137, et aussi par deux champignons deux-sévriens d'avant Tchernobyl (*Boletus lupinus* et *Volvariella bombycina*), datant l'un et l'autre de 1980 et déjà contaminés (légèrement) en Césium 137.

Nous avons reçu par la suite, grâce à l'obligeance de notre collègue et ami Y. BARON, communication des résultats des analyses demandées et financées par la S.P.N.E.V. (Société pour la Protection de la Nature et de l'Environnement dans la Vienne), et des deux analyses faites pour la Société Mycologique du Poitou (voir tableau N° 3).

Ces résultats confirment largement les nôtres. La Vienne comme les Deux-Sèvres, le Maine-et-Loire et la Charente-Maritime, auraient donc été seulement effleurés par les retombées de Tchernobyl, mais touchés par d'autres pollutions radioactives, sans doute plus anciennes.

Soulignons à ce propos le taux élevé de contamination des Chanterelles en tube récoltées dans la Vienne (443 Bq/kg frais), sans Césium 134, ce qui semble indiquer que des pollutions antérieures à Tchernobyl ont pu être importantes.

Et dans la Vienne comme en Deux-Sèvres, le Bolet bai, le Laqué améthyste et les Trompettes de la mort sont très peu contaminés, contrairement à ce qui se passe à peu près constamment dans l'Est de la France.

Comment expliquer cette contradiction ? On peut remarquer que les espèces les plus sensibles, dans les régions copieusement arrosées par Tchernobyl, sont pour

TABEAU N° 2 : ANALYSES EFFECTUEES PAR LA CRII-RAD A NOTRE DEMANDE

ESPECE Nom scientifique (et nom vernaculaire)	LIEU DE RECOLTE (Commune et département)	DATE DE RECOLTE	Contamination en Cesium (exprimée en Becquerels)					
			Par kilo de poids sec			Marge d'erreur totale (1)	% poids frais sur poids sec (2)	Equivalent total sur poids frais (3)
			C.134	C.137	TOTAL			
A - RECOLTES D'AVANT TCHERNOBYL								
<i>Clitocybe alexandri</i>	Ile d'Aix (Charente-Maritime)	9/12/79	-	-	-	± 107	10 (E)	-
<i>Russula foetens</i> (Russule fétide)	Forêt de Chizé (Deux-Sèvres)	17/7/79	-	-	-	± 81	10 (E)	-
<i>Lepista nuda</i> (Pied bleu des bois)	Béceleuf (Deux-Sèvres)	25/11/81	-	-	-	± 81	10 (E)	-
<i>Boletus lupinus</i> (Bolet de loup)	Forêt de Chizé (Deux-Sèvres)	3/10/80	-	123	123	± 80	10 (E)	12
<i>Volvariella bombycina</i> (Volvaire soyeuse)	Secondigné-sur-Belle (Deux-Sèvres)	17/8/80	-	230	230	± 126	10 (E)	23
<i>Agrocybe aegerita</i> (Pholiote du peuplier)	Sazos (Hautes-Pyrénées)	11/4/82	-	-	-	± 44	10 (E)	-
<i>Phellinus hartigii</i> (Polypore de Hartig)	Gèdre (Hautes-Pyrénées)	31/5/84	-	32	32	± 47	10 (E)	3
B - RECOLTES D'APRES TCHERNOBYL								
<i>Sarcodon imbricatum</i> (Hydne imbriquée)	La Mothe Saint-Héray (Deux-Sèvres)	5/8/87	-	3510	3510	± 490	10 (E)	351
<i>Cantharellus cibarius</i> (Girolle)	Béceleuf (Deux-Sèvres)	29/8/87	-	-	-	± 18	11	-
<i>Macrolepiota rhacodes</i> (Lépiote déquerillée)	Celles-sur-Belle (Deux-Sèvres)	18/11/86	-	-	-	± 77	10 (E)	-
<i>Rozites caperata</i> (Pholiote ridée)	La Mothe Saint-Héray (Deux-Sèvres)	1/11/87	200	4695	4895	± 510	5,4	265
<i>Laccaria amethystea</i> (Liqué améthyste)	La Mothe Saint-Héray (Deux-Sèvres)	1/11/87	85	200	285	± 110	7,8	22
<i>Xeroconus badius</i> (Bolet bai)	Béceleuf (Deux-Sèvres)	4/11/87	-	90	90	± 65	5,1	5
<i>Xeroconus badius</i> (Bolet bai)	La Mothe Saint-Héray (Deux-Sèvres)	1/11/87	75	955	1 030	± 240	6,8	70
<i>Xeroconus chrysenteron</i> (Bolet à chair jaune)	Région de Niort (Deux-Sèvres)	18/10/87	-	-	-	± 39	8	-
<i>Craterellus cornucopioides</i> (Trompette des morts)	Forêt de Chizé (Deux-Sèvres)	22/10/87	-	935	935	± 125	11,6	108
<i>Craterellus cornucopioides</i> (Trompette des morts)	La Chapelle-Bâton (Deux-Sèvres)	22/10/87	-	-	-	± 39	13,8	-
<i>Hydnum repandum</i> (Pied de mouton)	Lezay (Deux-Sèvres)	30/10/87	50	2335	2385	± 300	8,5	202
<i>Amanita rubescens</i> (Golmotte)	Béceleuf (Deux-Sèvres)	4/11/87	-	-	-	± 20	6	-
<i>Cantharellus tubaeformis</i> (Chanterelle en tube)	La Pouëze (Maine-et-Loire)	19/11/87	-	155	155	± 75	7,2	11
<i>Cantharellus lutescens</i> (Chanterelle jaunissante)	Ile d'Oléron (Charente-Maritime)	24/11/87	-	230	230	± 80	8,3	20
<i>Hydnum rufescens</i> (Hydne rougissant)	Jard-sur-Mer (Vendée)	11/11/87	-	82	82	± 41	9,2	8
<i>Xeroconus badius</i> (Bolet bai)	Forêt des Colettes (Allier)	16/10/86	1750	5700	7450	± 900	10 (E)	745
<i>Marasmius oreades</i> (Pied dur ou Mousseron)	Barèges (Hautes-Pyrénées)	23/7/87	-	-	-	± 212	10 (E)	-
<i>Macrolepiota procera</i> (Lépiote élevée)	Sazos (Hautes-Pyrénées)	14/10/87	-	-	-	± 26	12,5	-
<i>Tuber melanosporum</i> (Truffe dite "du Périgord")	St-Saturnin d'Apt (Vaucluse)	15/01/88	-	-	-	± 11	10 (E)	-
<i>Tuber melanosporum</i> (Truffe dite "du Périgord")	Simiane (Alpes de Haute-Provence)	15/01/88	-	-	-	± 13	10 (E)	-

NOTES CONCERNANT LE TABLEAU N° 2

- (1) Le laboratoire de la CRII-RAD indique dans ses résultats la marge d'erreur pour chacun des Césiums. Pour des raisons de simplification et de lisibilité d'un tableau déjà complexe, nous n'avons fait figurer que la marge d'erreur totale, qui peut être supérieure au chiffre de détection de l'un des Césiums, car le résultat 0 comporte aussi une marge d'erreur correspondant au seuil de détection.
- (2) La mention " 10 (E) " signifie qu'il s'agit d'une évaluation basée sur la moyenne générale habituellement admise, les champignons n'ayant pas été pesés à l'état frais. C'est notamment le cas de toutes les récoltes d'avant Tchernobyl et de celles qui n'avaient pas été faites en vue d'une analyse.
- (3) Les chiffres de cette dernière colonne sont ceux qui peuvent être comparés avec les normes européennes en vigueur, fixées à 600 Bq par kilo frais.

la plupart des champignons vivant dans les litières de feuilles mortes : c'est le cas du Bolet bai, du Laqué améthyste, des Chanterelles en tube et Trompettes de la mort. On peut donc supposer que **leur mycélium est implanté très près de la surface du sol, ce qui l'exposerait à « récupérer » très vite une pollution récente**, comme celle de Tchernobyl...

Par contre des contaminations en Césium 137 datant de plus de 20 ans ont pu avoir le temps de s'enfoncer dans le sol. Dans ce cas **les espèces s'alimentant en surface échapperaient à ces pollutions anciennes**, même si leur métabolisme les expose à emmagasiner plus que d'autres les isotopes radioactifs. Tandis que la contamination plus ancienne se retrouverait dans des champignons dont le mycélium explore des couches plus éloignées de la surface, ce qui pourrait être le cas de *Rozites caperata* et de *Sarcodon imbricatum*, par exemple.

Ces différences de niveau entre le mycélium et la pollution pourraient aussi expliquer une recrudescence de la radioactivité décelée dans certaines espèces, comme ce fut le cas à l'automne 1987.

C'est en tous cas un problème intéressant à suivre et à étudier, et il serait souhaitable de poursuivre les analyses, sur les mêmes sites et les mêmes espèces, au cours des saisons à venir.

Sec ou frais ?

Signalons un problème annexe d'une grande importance pour l'appréciation des résultats, et intéressant sur le plan de l'écologie des champignons : nous voulons parler du rapport entre le poids sec et le poids frais des champignons.

Les normes européennes sont établies pour des produits frais, ce qui est logique, puisque c'est l'état où ils sont consommés.

Mais pour des raisons pratiques de difficultés de conservation et d'éloignement du laboratoire, les champignons sont le plus souvent analysés à l'état sec. Comme les quantités de becquerels trouvées sont indiquées **par kilo**, il faut faire la conversion, sachant que la dessiccation ne fait pas disparaître un seul becquerel.

On estime généralement que les champignons contiennent 90 % d'eau. Leur poids frais serait donc dix fois supérieur au poids sec, et pour comparer avec les normes, il suffirait de diviser le nombre de becquerels trouvés à l'état sec par 10.

Mais il est bien préférable, quand c'est possible, de peser soigneusement les champignons à l'état frais, avant de les faire sécher pour l'analyse, de façon à déterminer un rapport précis de poids sec sur poids frais.

TABLEAU N° 3 : ANALYSES EFFECTUEES PAR LA CRII-RAD POUR DEUX ASSOCIATIONS DE LA VIENNE

ESPECE Nom scientifique (et nom vernaculaire)	LIEU DE RECOLTE (Commune et département)	DATE DE RECOLTE	Contamination en Cesium (exprimée en Becquerels)					
			Par kilo de poids sec			Marge d'erreur totale (1)	% poids frais sur poids sec (2)	Equivalent total sur poids frais (3)
			C.134	C.137	TOTAL			
ANALYSES DEMANDEES PAR LA S.P.N.E.V. (4)								
<i>Craterellus cornucopioides</i> (Trompette des morts)	Forêt de Moulière (Vienne)	11/86	10	470	480	± 60	17	82
<i>Craterellus cornucopioides</i> (Trompette des morts)	Forêt de Moulière (Vienne)	18/11/87	-	550	550	± 170	17	93
<i>Lepista nuda</i> (Pied bleu des bois)	Ligugé (Vienne)	20/11/87	40	145	185	± 45	10	18
<i>Russula cyanoxantha</i> (Russule charbonnière)	Ligugé (Vienne)	20/11/87	-	665	665	± 120	10	66
<i>Clitocybe nebularis</i> (Clitocybe nébuleux)	Ligugé (Vienne)	20/11/87	85	355	440	± 100	10	44
<i>Cantharellus tubaeformis</i> (Chanterelle en tube)	St-Pierre (Vienne)	23/11/87	-	2 330	2 330	± 340	19	443
ANALYSES DEMANDEES PAR LA SOCIETE MYCOLOGIQUE DU POITOU								
<i>Xerocomus badius</i> (Bolet bai)	Poitiers (Vienne)	29/11/87	30	210	240	± 55	10	24
<i>Laccaria amethystea</i> (Laqué améthyste)	Poitiers (Vienne)	29/11/87	55	355	410	± 90	8	33

(1) Le laboratoire de la CRII-RAD indique dans ses résultats la marge d'erreur pour chacun des Césiums. Pour des raisons de simplification et de lisibilité d'un tableau déjà complexe, nous n'avons fait figurer que la marge d'erreur totale, qui peut être supérieure au chiffre de détection de l'un des Césiums, car le résultat 0 comporte aussi une marge d'erreur, correspondant au seuil de détection.

(2) Ce rapport nous a été indiqué ici avec précision.

(3) Les chiffres de cette dernière colonne sont ceux qui peuvent être comparés avec les normes européennes en vigueur, fixées à 600 Bq par kg frais.

(4) " Société pour la Protection de la Nature et de l'Environnement dans la Vienne ".

C'est ce que nous avons fait à partir du moment où nous avons récolté des espèces en vue de les faire analyser — ce n'était pas prévisible en 1980 ! — et nous avons eu là aussi des surprises. En effet le pourcentage de poids sec varie, selon les récoltes, de 5,1 à 13,8, et nous avons eu connaissance de récoltes de pieds de mouton dont le poids sec représentait près de 20 %.

Ces divergences s'expliquent facilement par les circonstances atmosphériques au moment de la récolte : nous avons tous récolté, parfois, des champignons « gorgés d'eau ».

Mais si vous voulez faire analyser des récoltes et obtenir des résultats précis, pensez à peser soigneusement vos champignons avant de les faire sécher.

Et il est bien évident qu'une analyse mélangeant des champignons frais et des secs — il paraît que cela s'est fait ! — n'aurait aucune signification !

Pour les récoltes analysées sèches sans que le poids frais soit connu, les chiffres les plus exacts sont bien sûr ceux du nombre de becquerels par kilo sec, l'extrapolation n'étant qu'une approximation permettant la comparaison avec les normes.

On peut encore en manger !

Nous avons gardé pour la fin — ou la faim — la grande question que se sont posée les mycophages, à l'évocation de la contamination radioactive des champignons : « Peut-on en manger quand même ? ».

Pour notre région, à la lumière des résultats que nous avons obtenus, la réponse est oui, sans aucun doute. Les espèces les plus recherchées, comme les Lépiotes, les Psalliotés, les Girolles et les Cèpes, échappent à peu près totalement, pour l'instant, à la contamination. Et celles qui sont touchées ne présentent généralement que des taux très modestes.

Il faut cependant se rappeler qu'en matière de radioactivité, aucune dose n'est inoffensive, même très en dessous du seuil communautaire de 600 Bq. Les 11 becquerels des Chanterelles en tube de La Pouëze ou les 22 désintégrations par seconde du Laqué améthyste du bois du Fouilloux, augmentent statistiquement le risque de cancer. Mais de façon si minime, qu'on peut le tenir pour négligeable.

Peut-être serait-il un peu imprudent de manger tous les jours une livre de Pieds de mouton de Lezay ou de Pholiotés ridées de La Mothe. Aussi imprudent que de fumer plusieurs cigarettes par jour (ou plusieurs paquets, il est difficile de quantifier la comparaison). Mais notre environnement nous offre certainement d'autres sources non moins dangereuses de pollution.

Nous dirons enfin qu'à nos yeux, le principal intérêt de ces recherches, surtout dans notre région, n'est peut-être pas de savoir si on peut ou non manger des champignons, mais de faire un petit pas sur le chemin de la connaissance de la vie, encore bien mystérieuse, de ces fantasques cryptogames.

Bibliographie

BELLU F. et MORODER E., 1986 - Radioattività : Misurazioni dei funghi in provincia di Bolzano - *Bolletino del Gruppo micologico G. Bresadola - Trento*. XXIX (5-6) : 247-251 ;

BERSAN F. et DEGRASSI L., 1986 - Sezione di Muggia : Riassunto dati radioattività nei funghi commestibili da maggio ad agosto 1986. *Bolletino del Gruppo micologico G. Bresadola - Trento*, XXIX (5-6) : 252-259 ;

- DAILLANT O., 1987 - Sur l'accumulation d'éléments radioactifs par les champignons - *Bull. Soc. Mycol. France*, 103 (2) : 33-37 ;
- GUILLITTE O. et al., 1986 - La radiocontamination des champignons sauvages en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg après l'accident nucléaire de Tchernobyl - *Mycologia belgica*, 1986 : 79-93 ;
- HASELWANDTER K., 1978 - Accumulation of the radioactive nuclide ^{137}Cs in fruit-bodies of Basidiomycètes - *Health Phys.*, 34 : 713-715 ;
- MORNAND J., 1988 - Champignons radioactifs, qu'en est-il ? - *Bull. Trim. Soc. Et. Sci. Anjou*, 73.
- PIERART P., 1987 - Champignons et radioactivité - *Bulletin du Cercle Mycologique de Mons « Miscellanea mycologica »* - 17, Janvier 1987 ? 8-11 ;
- RIVASI M., 1987 : Radioactivité et champignons - *Le cri du rad*, 5 : 18-21.