

RADIOACTIVITÉ CONTAMINATION DES CHAMPIGNONS

1 DE MYSTÉRIEUX ORGANISMES

Les champignons sont des organismes vivants si particuliers que les spécialistes hésitent à les classer : traditionnellement rangés parmi les végétaux, plusieurs traits caractéristiques les rattachent au monde animal.

Ainsi leur mode de nutrition. Presque toutes les plantes pratiquent la photosynthèse : grâce à un pigment particulier — la chlorophylle — elles sont capables d'élaborer leur nourriture à partir de l'eau qu'elles puisent dans le sol, du gaz carbonique qu'elles prélèvent dans l'atmosphère et de l'énergie que leur fournit la lumière.

Les champignons font exception à la règle : dépourvus de chlorophylle, ils sont obligés d'utiliser les substances élaborées par d'autres organismes.

Les espèces dites saprophytes se nourrissent de matière organique morte. Véritables éboueurs des foêts, elles décomposent et recyclent les débris végétaux et animaux.

Les champignons qui prélèvent leur nourriture dans des organismes vivants sont appelés parasites — s'ils se développent au détriment de la plante hôte — ou mycorhizes — s'ils vivent en symbiose avec elle : le champignon fournit l'eau et les sels minéraux et la plante apporte les nutriments organiques.

2 DE PUISSANTS CAPTEURS DE POLLUTION

En cas de pollution radioactive ou chimique, le champignon constitue un aliment à risque. Contraint de puiser ses nutriments dans le sol, il a développé une forte capacité d'extraction et s'est doté de systèmes enzymatiques performants. L'absorption s'effectue grâce à des récepteurs spécifiques situés sur les membranes du mycélium, la partie souterraine et vivace du champignon.

Capable d'extraire les éléments, stables ou radioactifs, présents dans son substrat, le champignon a également la particularité de les accumuler, grâce à un métabolisme assez lent et à une certaine longévité : de l'ordre de plusieurs dizaines, et jusqu'à plusieurs centaines d'années.

Les végétaux chlorophylliens sont généralement bien moins contaminés que le sol dans lequel ils poussent : l'extraction racinaire du césium radioactif est faible. Chez certaines espèces de champignon, le phénomène s'inverse : le mycélium parvient à concentrer le césium. Une étude portant sur les trois premiers centimètres du sol a montré que le mycélium représentait, en moyenne, 5 à 6 % de la masse du sol mais contenait plus de 30 % du césium.

LA DOUBLE VIE DES CHAMPIGNONS

Une vie aérienne et éphémère, celle du **CARPOPHORE** :

c'est le champignon que l'on cueille, à l'automne, dans les prés et les sous-bois.

Fruit éphémère du champignon, le carpopore se développe rapidement — en quelques jours, parfois en quelques heures — sous certaines conditions de température et d'humidité. Il persiste ensuite quelques jours, parfois plusieurs semaines, puis se décompose.

Une longue vie souterraine, celle du **MYCÉLIUM**.

Le mycélium est un organisme vivace, constitué de filaments plus fins que des cheveux qui forment tout un réseau souterrain généralement concentré dans les premiers centimètres du sol. Il peut s'étendre sur plusieurs dizaines à centaines de mètres carrés et prospérer pendant des dizaines d'années.



LES SOLS FRANÇAIS, RÉSERVOIRS PERSISTANTS DE CÉSIMUM RADIOACTIF

3

Les champignons trouvent dans le sol divers éléments radioactifs, d'origine naturelle et artificielle, qu'ils sont susceptibles de concentrer.

RADIOACTIVITÉ NATURELLE

Tous les sols contiennent des produits radioactifs d'origine naturelle. Il s'agit pour l'essentiel des radionucléides dits primordiaux et de leurs descendants. Contemporains de la formation de la terre, ils sont toujours présents du fait de leur très longue période radiologique.

Deux d'entre-eux sont souvent mesurés dans les champignons : le potassium 40 et le plomb 210, un descendant de l'uranium 238. En terme de risque sanitaire, le plomb 210 est de loin le plus pénalisant : sa radiotoxicité est 111 fois plus élevée que celle du potassium 40 et les enfants sont plus exposés que les adultes : pour une même quantité ingérée, la dose de rayonnement sera 3 fois plus élevée chez un enfant de 2 à 7 ans.

RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE

Le territoire français porte la marque de deux événements majeurs :

1 • les essais nucléaires atmosphériques. Entre 1945 et 1981, les États-Unis, l'Union Soviétique, le Royaume-Uni, la France et la Chine ont fait exploser de très nombreuses bombes atomiques, provoquant l'injection massive de substances radioactives dans la troposphère. Le maxi-

mum a été atteint au début des années 60. Mais les radionucléides retombaient progressivement au sol, contaminant la chaîne alimentaire et les populations (accumulation de strontium dans les dents des enfants par exemple). En 1963, le Royaume-Uni, les États-Unis et l'Union Soviétique signèrent un traité interdisant tout nouvel essai atmosphérique. La France poursuivit ses essais jusqu'en 1974, la Chine jusqu'en 1980.

2 • l'accident de Tchernobyl .

Si les retombées radioactives consécutives aux essais nucléaires ont été relativement homogènes, l'accident de 1986 a provoqué, au contraire, une contamination très hétérogène du territoire français : les dépôts ont surtout concerné une bande orientale, allant de la Corse à l'Alsace-Lorraine (cartes publiées dans la fiche CRIIRAD n°2).

En 1997, le césium 137 constitue le principal polluant radioactif : les dépôts ont été importants et sa période radioactive relativement longue (30 ans) lui assure une certaine pérennité : onze ans après Tchernobyl, les sols français contiennent encore 75 % du césium 137 déposé en 86 ... et seulement 2 % du césium 134 dont la période radioactive est nettement plus courte (2 ans).

Le taux de césium 137 dans les sols français varie typiquement d'une dizaine de becquerels par kilo (Bq/kg) à quelques centaines de Bq/kg. Dans les zones de

haute montagne, on observe cependant d'importants phénomènes de reconcentration : l'activité du césium 137 peut dépasser les 100 000 Bq/kg ; celle de l'américium 241 et du plutonium peut atteindre plusieurs dizaines de Bq/kg.

LA CONTAMINATION DES CHAMPIGNONS

4

Les 900 analyses de champignons effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD ont permis de classer les espèces étudiées en trois groupes : espèces généralement peu contaminées comme le Rosé des prés et la Morille ; modérément contaminées comme la Trompette des morts et le Cèpe de Bordeaux ; espèces à forte capacité de concentration comme le Bolet bai et le Laqué améthyste.

Chaque espèce possède en effet plusieurs caractéristiques qui vont influencer sur sa capacité à concentrer le césium. Parmi les principales, on distingue :

- l'équipement enzymatique ;
- l'habitat : prairies, clairières ou au contraire forêts de feuillus ou de conifères ;
- le mode de nutrition : certaines espèces poussent sur les souches, d'autres sur le sol ; celles qui vivent en symbiose avec les arbres pourront être influencées par la physiologie de leur hôte ;
- l'implantation du mycélium : selon qu'il prospectera un horizon superficiel ou profond, il rencontrera plus ou moins de césium. De façon générale, dans les sols forestiers ou les sols de montagne pauvres en nutriments, le césium reste concentré dans la litière et les premiers centimètres du sol. Il progresse peu en

profondeur car il est intensément absorbé et recyclé.

Mais rien n'est simple chez les champignons. Impossible de se prononcer a priori sur le taux de contamination car de multiples facteurs interfèrent... dont certains ne sont pas encore identifiés.

Le taux de contamination du sol est bien évidemment un paramètre de base : ce n'est pas un hasard si les champignons les plus contaminés proviennent du Mercantour (le Boréon et la Vesubie).

Là encore, on ne peut généraliser car, dans un même secteur géographique, les écarts peuvent être importants : en milieu montagnard, la topographie induit de très fortes variations spatiales, à l'échelle parfois de quelques dizaines de mètres.

Des spécimens d'une même espèce, récoltés dans des sols à taux de césium comparables, peuvent présenter des contaminations très différentes. C'est que chaque type de sol peut favoriser, ou au contraire limiter, l'extraction du césium. Les sols argileux et les sols riches en bases ont généralement un assez fort pouvoir de rétention ; les sols acides (les forêts de pins, par exemple) favorisent au contraire l'extraction du césium.



CHAMPIGNONS RADIOACTIFS. QUELS SONT LES RISQUES ?

5

L'ingestion de champignons vénéreux provoque des intoxications caractéristiques. Rien de tel avec la radioactivité : l'incorporation de césium augmente le risque de développer 20, 30 ans plus tard un cancer ou de transmettre des anomalies génétiques à sa descendance. L'effet est différé, aléatoire et reste généralement assez faible car les champignons ne constituent pas un produit de base de notre alimentation.

Il n'empêche que certains individus peuvent recevoir des doses très supérieures à la moyenne. Ainsi les amateurs de champignons, gros consommateurs d'espèces à fort potentiel de concentration, surtout si leurs cueillettes proviennent des Alpes, du Jura, des Vosges, du Massif central ou même des Pyrénées.

Les normes européennes

Afin de limiter l'exposition des populations, les autorités européennes ont fixé une limite de 600 Bq/kg (césium 134 + 137) pour la commercialisation des produits contaminés par Tchernobyl : champignons, baies, plantes aromatiques et viandes. La limite s'applique aux importations de pays non européens. En France, il est officiellement admis que la situation est normale et que cette limite n'a pas de raison d'être. Les contrôles

effectués par la CRIIRAD montrent le contraire : au total, 10 % des contrôles se sont avérés positifs. Les dépassements étaient certes plus nombreux en 86/88, mais ils persistent encore aujourd'hui : 2 de 7 échantillons prélevés en septembre 97 dans le Mercantour dépassent nettement la limite européenne : un Pied de mouton (1 275 Bq/kg) et un Petit-gris (3 100 Bq/kg).

Un exemple permet d'expliquer l'écart entre ce constat et les déclarations officielles. Dans un communiqué d'octobre 97, la préfecture des Hautes-Alpes assure que dans le massif des Écrins "aucun végétal ni légume ne présente de contamination mesurable en radioéléments artificiels". Le laboratoire CRIIRAD, qui a analysé un Bolet élégant, prélevé vers la même période et dans le même département, mesure pourtant un taux de césium supérieur à 100 Bq/kg. Explication ? Les déclarations préfectorales s'appuient sur l'analyse de 2 espèces, presque toujours exemptes de contamination : le mousse-rot et la coulemelle !

Pas de risque à moins de cent kilos par an ?

On lit dans une plaquette grand public, éditée en 1997, que pour atteindre la

limite sanitaire "il faudrait ingérer au minimum une centaine de kilogrammes par an de champignons des zones les plus touchées des Vosges et du Haut-Var. Sur ces bases, il est donc possible de dire que la consommation de champignons ne présente pas, en France, de risque particulier".

La réalité est plus complexe : hors situation accidentelle, les activités qui génèrent un surcroît d'exposition aux rayonnements ionisants sont jugées par rapport à deux limites : 10 microSieverts par an et 1 000 microSieverts par an ($\mu\text{Sv}/\text{an}$).

- en dessous de 10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, les autorités considèrent que le risque est négligeable, trop faible pour que l'exposition soit réglementée ;

- au-dessus de 1 000 μSv par an, les autorités considèrent que le risque est trop élevé pour être toléré.

Entre ces deux limites, l'exposition doit être aussi réduite que possible. Pour replacer la contamination des champignons dans ce contexte, on peut prendre deux exemples :

- celui du Petit-gris, prélevé dans le Mercantour en septembre 1997 et dont la contamination s'élève à 3 000 Bq/kg frais : il suffit d'en absorber, sur l'année, 256 grammes pour atteindre la limite de 10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$; celle du risque tolérable est dépassée avec une consommation annuelle de 26 kilogrammes*.

- en se basant sur des niveaux de contamination plus courants, de l'ordre de 200 Bq/kg, la limite du risque négligeable est dépassée avec 4 kg de champignons frais par an. Pour la limite du risque tolérable, il faudrait une consommation, peu probable, de plus de 350 kg par an

La position de la CRIIRAD

Quels que soient les niveaux mesurés, et même si les risques sont faibles, la CRIIRAD considère que, dès lors qu'il y a pollution, les consommateurs ont le droit d'être correctement informés pour exercer ensuite leur libre arbitre.

Dans un souci de prévention, elle conseille aux amateurs de champignons de se référer à l'échelle de contamination qu'elle a établie, d'éviter les espèces à risque et de limiter leur consommation d'espèces modérément contaminées, surtout lorsqu'elles proviennent des zones les plus exposées, et notamment des secteurs montagnards de la moitié Est de la France.

Précisons cependant que les analyses effectuées en 1997 confirment une tendance générale à la baisse, déjà sensible en 1993. C'est en particulier le cas du Bolet bai, du Laqué améthyste et de la Chanterelle en tube. Aucune décroissance n'a par contre été observée sur certaines espèces comme le Pied de mouton.

La surveillance doit être maintenue : dans les sols forestiers, la radioactivité ne décroît que lentement et, en altitude, on enregistre de nombreux phénomènes de reconcentration. Les contrôles sont d'autant plus nécessaires que les champignons jouent un rôle déterminant dans la transmission du césium à certains animaux comme les sangliers, les chevreuils et les rongeurs.

* sur la base d'un facteur de dose de $1,11 \times 10^{-8}$ Sv/Bq (cf. directive EURATOM 96/29)



CRIRAD

COMMISSION DE RECHERCHE ET D'INFORMATION INDÉPENDANTES SUR LA RADIOACTIVITÉ

29 Cours Manuel de Falla

▲ 26000 VALENCE

Tél. 04 75 41 82 50

▲ Fax. 04 75 81 26 48

LES ESPÈCES FAIBLEMENT CONTAMINÉES

Chez ces espèces, la contamination en césium 137 n'est pas mesurable ou reste inférieure à 60 becquerels par kilo de matière fraîche.

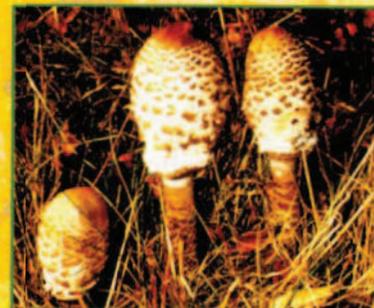
Elles poussent, pour la plupart, dans les prés, les clairières et les pâturages, sols où le césium se trouve généralement moins concentré et moins disponible.

< 10 Bq/kg

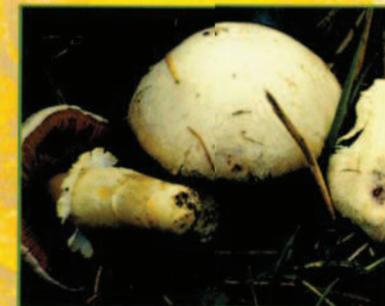
- Armillaire couleur de miel — *Armillaria mellea* (toxique pour certains auteurs)
- Coprin chevelu — *Coprinus comatus*
- Coprin noir d'encre — *Coprinus atramentarius* (toxique en association avec le vin)
- Rosé des prés ou Agaric champêtre — *Agaricus campestris*
- Champignon de Paris ou Agaric cultivé — *Agaricus bisporus*
- Agaric des forêts ou Psallote des forêts — *Agaricus silvaticus*
- Agaric à grandes spores — *Agaricus macrosporus*

< 60 Bq/kg

- Marasme des Oréades ou faux Mousseron — *Marasmius oreades*
- Morille comestible — *Morchella esculenta*
- Morille conique — *Morchella conica*
- Coulemelle — *Macrolepiota procera*
- Cèpe d'été ou réticulé — *Boletus aestivalis*



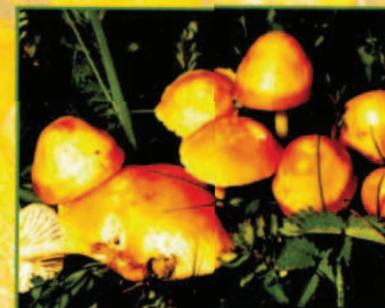
Coulemelle



Rosé des prés



Coprin chevelu



Mousseron

Ce classement est basé sur 900 analyses de champignons prélevés en diverses régions du territoire français, de 1986 à 1997.

La majorité des contrôles a été effectuée à la demande de particuliers, d'associations ou de journalistes, et non dans le cadre de campagnes systématiques d'échantillonnage.

Ces informations ont donc un caractère indicatif et non absolu ; elles sont susceptibles d'évoluer.

Par ailleurs, le classement indique la capacité de concentration des différentes espèces et non le niveau de contamina-

tion effectif de chaque cueillette. La Chanterelle en tube est ainsi classée parmi les espèces à risque : sur 66 analyses effectuées, un tiers dépasse en effet la norme CEE de 600 Bq/kg (avec un maximum de 1 465 Bq/kg)... mais 11 échantillons présentent une contamination faible, inférieure à 50 Bq/kg.

POLLUTIONS CHIMIQUES

Les champignons absorbent, et parfois concentrent, les métaux lourds : plomb, cadmium, cuivre, thallium, etc. Ils peuvent aussi synthétiser des composés encore plus toxiques (fabriquer, par exemple, du méthyl-mercure à partir du mercure). Attention aux fossés et terrains où sont épandus engrais, défoliants, herbicides ou pesticides. Certains auteurs citent des empoisonnements par des Agarics ou des Rosés des prés cueillis dans des champs traités par des désherbants.

LES ESPÈCES MODÉRÉMENT CONTAMINÉES

Chez ces espèces, le césium est généralement mesurable mais les taux restent modérés, de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de becquerels par kilo de matière fraîche :

	Maxima	Dépt.	An.
● Lactaire sanguin — <i>Lactarius sanguifluus</i> :	65 Bq/kg	26	1988
● Russule charbonnière — <i>Russula cyanoxantha</i> :	80 Bq/kg	90	1992
● Bolet orangé — <i>Leccinum aurantiacum</i> :	85 Bq/kg	45	1989
● Bolet rude — <i>Leccinum scabrum</i> :	95 Bq/kg	63	1988
● Bolet à pied rouge — <i>Boletus erythropus</i> :	100 Bq/kg	07	1987
● Bolet tête de nègre — <i>Boletus aereus</i> :	110 Bq/kg	42	1987
● Amanite épaisse — <i>Amanita spissa</i> :	130 Bq/kg	42	1988
● Clitocybe nébuleux — <i>Clitocybe nebularis</i> :	135 Bq/kg	06	1996
● Trompette des morts — <i>Craterellus cornucopioides</i> :	170 Bq/kg	38	1991
● Cèpe de Bordeaux ou Bolet comestible — <i>Boletus edulis</i> :	244 Bq/kg	70	1996
● Amanite rougissante — <i>Amanita rubescens</i> :	310 Bq/kg	42	1988
● Bolet des bouviers — <i>Suillus bovinus</i> :	350 Bq/kg	63	1989

Chez certaines espèces, les contaminations peuvent être plus marquées, avec des maxima atteignant 400 à 1 000 Bq/kg de matière fraîche :

● Bolet moucheté ou Cèpe tacheté — <i>Suillus variegatus</i> :	465 Bq/kg	63	1989
● Lactaire délicieux — <i>Lactarius deliciosus</i> :	555 Bq/kg	06	1997
● Clitocybe laqué — <i>Laccaria laccata</i> :	655 Bq/kg	42	1991
● Russule blanc-ocre — <i>Russula ochroleuca</i> :	775 Bq/kg	63	1989
● Girolle ou Chanterelle commune — <i>Cantharellus cibarius</i> :	820 Bq/kg	09	1989

DIMINUTION AVEC L'ÂGE

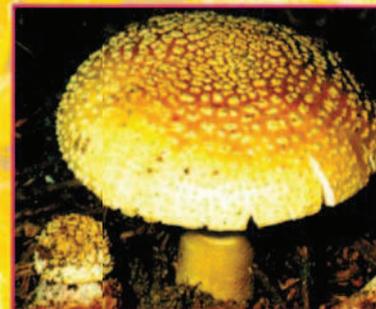
Les champignons semblent atteindre leur taux maximum de césium à maturité : en vieillissant, les parois cellulaires deviennent plus perméables et la pluie parvient à lessiver les sels minéraux, provoquant des déperditions de césium.

LE CAS DU CÈPE DE BORDEAUX

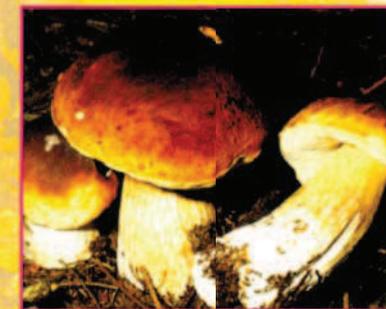
Les études réalisées dans les années 70/80 classaient cette espèce parmi les plus sensibles ; celles effectuées après Tchernobyl indiquent au contraire une contamination modérée. Cette apparente contradiction pourrait s'expliquer par l'implantation plus profonde de son mycélium. Si tel est le cas, la contamination risque d'augmenter, au fur et à mesure que le césium progressera en profondeur.

ATTENTION AU CHAPEAU

Des études indiquent que le césium est plus concentré dans l'hyménium, partie fertile du carpophore constituée par les spores et les cellules qui les portent (lamelles ou alvéoles). Le chapeau, qui est la partie la plus consommée, est donc aussi la plus contaminée.



Amanite rougissante



Cèpe de Bordeaux



Lactaire délicieux



Girolle



Trompette des morts

LES ESPÈCES LES PLUS CONTAMINÉES

Les espèces qui ont une forte capacité de concentration du césium se caractérisent par des maxima dépassant les 1 000 Bq/kg de matière fraîche.

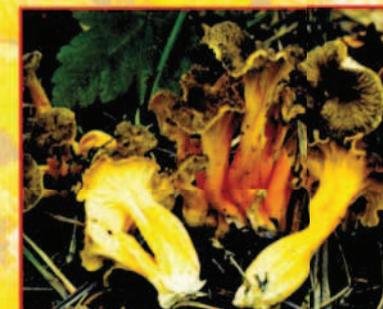
	Maxima	Dépt.	An.
• Chanterelle jaunissante — <i>Cantharellus lutescens</i> :	1 090 Bq/kg	26	1988
• Pholiote ou Rozite ridée — <i>Rozites caperatus</i> :	1 180 Bq/kg	69	1994
• Pied de mouton — <i>Hydnum repandum</i> :	1 275 Bq/kg	06	1997
• Pied bleu — <i>Lepista nuda</i> :	1 370 Bq/kg	06	1996
• Russule blanc-noir — <i>Russula albonigra</i> :	1 465 Bq/kg	42	1988
• Chanterelle en tube — <i>Cantharellus tubaeformis</i> :	1 465 Bq/kg	42	1988
• Tricholome équestre ou Canari — <i>Tricholoma flavovirens</i> :	1 500 Bq/kg	07	1988
• Grisette ou Coucoumelle grise — <i>Amanita vaginata</i> :	1 635 Bq/kg	63	1989
• Bolet bai ou Cèpe des châtaigniers — <i>Xerocomus badius</i> :	1 715 Bq/kg	63	1989
• Bolet à chair jaune — <i>Xerocomus chrysenteron</i> :	1 745 Bq/kg	63	1988
• Bolet jaune ou Nonnette voilée — <i>Suillus luteus</i> :	2 070 Bq/kg	26	1986
• Laqué améthyste ou Violet — <i>Laccaria amethystea</i> :	2 570 Bq/kg	06	1997
• Petit-gris — <i>Tricholoma terreum</i> :	3 000 Bq/kg	06	1997



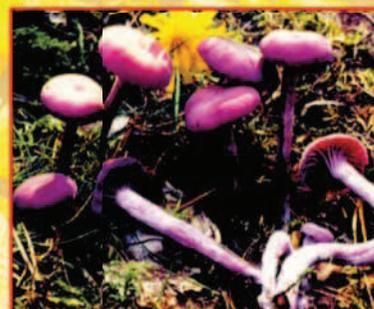
Bolet bai



Chanterelle en tube



Chanterelle jaunissante



Laqué améthyste



Nonnette voilée



Pied de mouton



Petit-gris

COMMENT CONTRÔLER LA CONTAMINATION

Pour connaître le taux de contamination des champignons, le seul moyen est de procéder à une analyse en laboratoire. Après détermination de l'espèce, un nettoyage à sec permet d'enlever toutes les scorées présentes (particules de terre, débris de feuilles, d'aiguilles, etc). L'échantillon est ensuite déshydraté par passage à l'étuve (10 h à 50°), broyé, homogénéisé, puis conditionné pour analyse par spectrométrie gamma. Deux pesées au centième de gramme, avant et après dessiccation permettent de déterminer le taux de matière sèche.

