

# Influence des retombées de l'accident de Tchernobyl sur l'activité en $^{137}\text{Cs}$ du vin des côtes du Rhône

Ph. RENAUD<sup>1</sup>, C. COLLE<sup>1</sup>, D. LOUVAT<sup>1</sup>, E. BARKER<sup>1</sup>

(Manuscrit reçu le 25 octobre 2002, accepté le 15 janvier 2003)

**RÉSUMÉ** Avec des dépôts de  $^{137}\text{Cs}$  dépassant quelquefois 20 000 Bq m<sup>-2</sup>, certains coteaux de la vallée du Rhône ont été assez fortement touchés par les retombées de l'accident de Tchernobyl. C'est le cas à Cornas (Ardèche) près de Valence et à Vinsobres (Vaucluse) au nord de Vaison-la-Romaine. La vigne occupe dans ces régions l'essentiel des surfaces agricoles, pour la production d'un vin réputé. Cette étude montre que les conséquences des retombées de l'accident de Tchernobyl pour les vins de la vallée du Rhône ont été visibles mais très faibles. L'activité en  $^{137}\text{Cs}$  du vin produit en 1986 n'a pas atteint 1 Bq/l. Ces conséquences très limitées sont dues à la date des dépôts qui sont intervenus début mai 1986, alors que les vignes développaient à peine leurs premières feuilles. Depuis 1986, l'activité en  $^{137}\text{Cs}$  du vin a fortement décru jusqu'à revenir en 2000 à un niveau proche de celle d'avant l'accident : quelques millibecquerels par litre. Le césium ajouté aux sols, dans des proportions pourtant importantes, se trouve essentiellement dans les 20 premiers centimètres et est peu disponible pour les racines de la vigne.

**ABSTRACT** Influence of the Chernobyl fallout on  $^{137}\text{Cs}$  wine activities on the Rhône valley.

Some parts of the Rhône valley have been quite strongly affected by the Chernobyl fallout, with  $^{137}\text{Cs}$  deposits sometimes higher than 20 000 Bq m<sup>-2</sup>. In those regions, most of agricultural surfaces are devoted to vineyards for famous vintages. This study shows that the consequences of the Chernobyl fallout in wine were visible but very weak.  $^{137}\text{Cs}$  wine activities did not reach 1 Bq l<sup>-1</sup>. Such limited consequences are linked to the date of the deposit, the first week of May 1986, at the beginning of vineyard plant foliar development. Since 1986, this activity has strongly decreased to be in 2000 close to those existing before the accident: some millibecquerel per litre.  $^{137}\text{Cs}$  activities in soil, mainly contained within the 20 first centimetres, are weakly available for vineyard roots.

## 1. Introduction

Avec des dépôts de  $^{137}\text{Cs}$  dépassant quelquefois 20 000 Bq m<sup>-2</sup>, certains coteaux de la basse vallée du Rhône ont été assez fortement touchés par les retombées de l'accident de Tchernobyl. Ces dépôts supérieurs aux moyennes départementales sont liés aux fortes précipitations qui ont eu lieu entre le 1<sup>er</sup> et le 5 mai 1986,

<sup>1</sup> IRSN, bâtiment 153, CE Cadarache, B.P. 3, 13115 Saint-Paul-Lez-Durance Cedex, France.

au moment où les masses d'air contaminées survolaient la France. Dans la région de Vaison-la-Romaine où les précipitations ont dépassé 40 mm, les dépôts ont atteint  $40\,000\text{ Bq m}^{-2}$ .

Dans ces régions, la vigne occupe l'essentiel des surfaces agricoles.

Les études radioécologiques sur le vin sont rares et les conséquences de l'accident de Tchernobyl sur ce produit, beaucoup plus faibles que sur le lait, les légumes ou la viande, ont été peu étudiées. La plupart des grands crus français ont été échantillonnés par le Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI) en 1986 et 1987. Aucune activité en  $^{137}\text{Cs}$  n'a dépassé le seuil de détection de  $25\text{ Bq l}^{-1}$ .

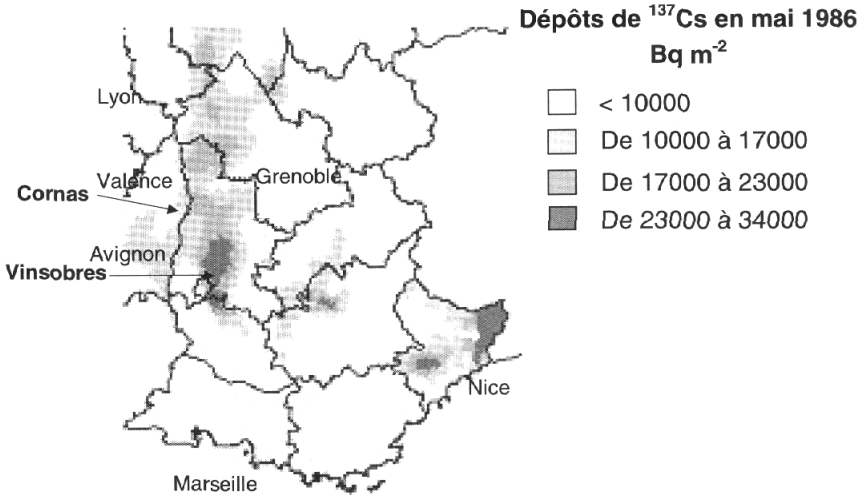
Néanmoins, en 1990, une étude sur la radioactivité artificielle des vins produits dans des pays européens touchés par l'accident de Tchernobyl a été réalisée par l'IPSN. Des mesures de  $^{137}\text{Cs}$  ont ainsi été effectuées sur des crus de 1981 à 1989 provenant de Cornas (07), village situé à quelques kilomètres au nord de Valence sur la rive gauche du Rhône, ainsi que sur des vins autrichiens et grecs.

En 2001, l'activité en  $^{137}\text{Cs}$  du vin produit entre 1983 et 2000 à Vinsobres (26), commune située au nord de Vaison-la-Romaine, a également été mesurée par l'IPSN à la demande des viticulteurs.

L'objectif de cet article est de présenter l'ensemble de ces résultats qui montre l'évolution de l'activité en césium des vins des côtes du Rhône depuis le début des années 80 jusqu'en 2000, de commenter cette évolution et notamment de d'étudier quelle a été l'influence des retombées de l'accident de Tchernobyl. Ces activités sont ensuite comparées à celles des vins grecs et autrichiens, puis discutées à la lumière des rares données bibliographiques existantes.

## 2. Les activités en $^{137}\text{Cs}$ dans la vallée du Rhône

Les retombées de l'accident de Tchernobyl ont été très hétérogènes dans la basse vallée du Rhône. Les dépôts de  $^{137}\text{Cs}$  y ont été d'autant plus élevés que les précipitations entre le 1<sup>er</sup> et le 5 mai 1986 ont été importantes. La figure 1 présente une reconstitution des dépôts de  $^{137}\text{Cs}$  établie à partir des relevés de précipitations effectués par Météo-France durant les 5 premiers jours de mai 1986 (Renaud *et al.*, 2003). Sur la rive gauche du Rhône, au niveau de Valence, des hauteurs de pluies enregistrées par Météo-France allant de 13 mm à Colombier-le-jeune à 37 mm à Valence même, ont pu conduire à des dépôts de l'ordre de  $10\,000$  à  $23\,000\text{ Bq m}^{-2}$  de  $^{137}\text{Cs}$ .



**Figure 1 – Dépôts de  $^{137}\text{Cs}$  en mai 1986.**  
 *$^{137}\text{Cs}$  deposits in May 1986.*

Trois échantillons de sol ont été prélevés en 1990 sur la commune de Cornas, à quelques kilomètres de Valence, au moyen d'un carottier cylindrique de 8 cm de diamètre. La connaissance du volume de l'échantillon prélevé permet d'estimer la densité du sol pour chaque couche de 5 cm à 20 cm et de calculer l'activité surfacique contenue dans chacune d'elles ( $\text{Bq m}^{-2}$ ) à partir de l'activité massique ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) mesurée. L'activité surfacique moyenne sur la parcelle de vignes ainsi estimée à partir des trois échantillons de sols est de  $20\,700 \text{ Bq m}^{-2}$  (Tab. I). Les valeurs du rapport des activités mesurées de  $^{137}\text{Cs}$  et de  $^{134}\text{Cs}$ , comprises entre 5 et 15 pour une moyenne de 9, confirment que ce césium provient des retombées de l'accident de Tchernobyl. En effet, les dépôts consécutifs à l'accident de Tchernobyl contenaient initialement 2 fois plus de  $^{137}\text{Cs}$  que de  $^{134}\text{Cs}$  en moyenne. Compte tenu de leurs périodes radioactives respectives de 2 ans et 30 ans, ce rapport était proche de 8 en 1990 au moment de la mesure des sols de Cornas.

Sur la commune de Vinsobres où les précipitations enregistrées par Météo-France ont été de 55 mm, l'activité surfacique moyenne de quatre échantillons de sols de vigne prélevés en 2000 dans les mêmes conditions que ceux de Cornas, est de  $22\,800 \text{ Bq m}^{-2}$  (Tab. I). Cette activité surfacique, mesurée en 2000 correspond, une fois la décroissance radioactive prise en compte, à un dépôt initial de  $^{137}\text{Cs}$  de  $31\,700 \text{ Bq m}^{-2}$  en mai 1986.

**TABLEAU I**  
**Activités surfaciques mesurées en 1990 et 2000 dans les sols de vignes de Cornas, Vinsobres, Durnstein (Autriche) et Naoussa (Grèce).**  
**Surface activities measured in 1990 and 2000 on vineyard soils of Cornas, Vinsobres, Durnstein (Austria) and Naoussa (Greece).**

|                                       | Profondeur (cm) | Activités surfaciques (Bq m <sup>-2</sup> )* |                   |
|---------------------------------------|-----------------|--|-------------------|
|                                       |                 | <sup>137</sup> Cs                            | <sup>134</sup> Cs |
| Échantillon 1 de Cornas               | 0-20            | 13 710                                       | 1 710             |
|                                       | 20-40           | 4 390  | 500               |
|                                       | 40-60           | 608  | -                 |
|                                       | total           | 18 708                                       | 2 210             |
| Échantillon 2 de Cornas               | 0-20            | 13 670                                       | 2 310             |
|                                       | 20-40           | 5 510  | 1 190             |
|                                       | 40-60           | 3 110  | 440               |
|                                       | total           | 23 290                                       | 3 940             |
| Échantillon 3 de Cornas               | 0-30            | 13 740                                       | 860               |
|                                       | 30-40           | 4 010  | 610               |
|                                       | 40-60           | 3 420  | 250               |
|                                       | total           | 21 170                                       | 1 720             |
| Échantillon 1 de Vinsobres            | 0-5             | 7 756  | non mesurées      |
|                                       | 5-10            | 6 296  |                   |
|                                       | 10-20           | 1 737  |                   |
|                                       | 20-30           | 703  |                   |
|                                       | 30-40           | 277  |                   |
|                                       | 40-50           | 408  |                   |
|                                       | total           | 17 177                                       |                   |
| Échantillon 2 de Vinsobres            | 0-30            | 30 945                                       | non mesurées      |
| Échantillon 3 de Vinsobres            | 0-30            | 22 586                                       | non mesurées      |
| Échantillon 4 de Vinsobres            | 0-30            | 20 549                                       | non mesurées      |
| Échantillon 1 de Durnstein (Autriche) | 0-30            | 16 950                                       | 2 350             |
| Échantillon 2 de Durnstein (Autriche) | 0-30            | 15 750                                       | 2 300             |
| Échantillon de Naoussa (Grèce)        | 0-30            | 44 340                                       | 5 830             |

\*Mesurées en 1990 à Cornas, Durnstein et Naoussa et en 2000 à Vinsobres.

Dans les régions de Durnstein en Autriche, petite ville située sur la rive gauche du Danube à 75 km en amont de Vienne, et de Naoussa en Grèce septentrionale, les dépôts de <sup>137</sup>Cs ont été du même niveau que dans la vallée du Rhône. Les trois échantillons de sols prélevés sur les vignobles ayant produits les échantillons de

**TABLEAU II**  
**Activités volumiques des échantillons de vin en Bq l<sup>-1</sup> de <sup>137</sup>Cs.**  
**<sup>137</sup>Cs activities of wine samples in Bq l<sup>-1</sup>.**

| Année/Site | Comas       | Vinsobres     | Durstein (Autriche) | Naoussa (Grèce) |
|------------|-------------|---------------|---------------------|-----------------|
| 1981       | < 0,041     | -             | -                   | -               |
| 1983       | -           | 0,016 ± 0,003 | < 0,1               | -               |
| 1985       | -           | -             | -                   | < 0,1           |
| 1986       | 0,5 ± 0,06  | 0,550 ± 0,035 | 2,05 ± 0,2          | 19,1 ± 0,8      |
| 1987       | 0,36 ± 0,05 | -             | 0,39 ± 0,04         | 0,5 ± 0,05      |
| 1988       | 0,26 ± 0,04 | -             | 0,23 ± 0,04         | 1,2 ± 0,1       |
| 1989       | 0,17 ± 0,03 | -             | < 0,1               | 0,7 ± 0,06      |
| 1993       | -           | 0,056 ± 0,005 | -                   | -               |
| 2000       | -           | 0,030 ± 0,004 | -                   | -               |

vin mesurés par l'IPSN attestent de dépôts de l'ordre 15 000 Bq m<sup>-2</sup> à Durstein et de 40 000 Bq m<sup>-2</sup> à Naoussa (Tab. I). Ces résultats sont cohérents avec la carte des dépôts de <sup>137</sup>Cs publiée par Commission européenne en 1998 (CE, 1998).

### 3. Évolution des activités de <sup>137</sup>Cs dans le vin de 1981 à 2000

Chaque échantillon de vin rouge, de l'ordre d'une dizaine de litres, a été séché à 80 °C, puis incinéré à 480 °C. Les cendres ont ensuite été analysées par spectrométrie-γ germanium bas-niveau, avec un temps de comptage de 80 000 secondes.

Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau II et correspondent aux activités ramenées à l'année de production.

Très faibles et souvent inférieures aux seuils de détection avant l'accident de Tchernobyl, les activités en <sup>137</sup>Cs des vins ont augmenté en 1986 pour atteindre 0,5 Bq l<sup>-1</sup> sur les deux sites français, 2 Bq l<sup>-1</sup> sur le site autrichien et 19 Bq l<sup>-1</sup> sur le site grec.

Après 1986, l'activité en <sup>137</sup>Cs du vin a diminué partout très rapidement. À Vinsobres, elle est revenue en 2000 à un niveau proche de celui du début des années 1980. Ce niveau est très inférieur aux activités mesurées dans les vins français et suisses jusqu'en 1975, de l'ordre de 0,5 à 5 Bq l<sup>-1</sup>, et qui résultaient des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires (CFRSR, 1982).

## 4. Discussion

Avant l'accident de Tchernobyl, les sols de la vallée du Rhône, comme tous les sols de l'hémisphère nord, contenaient déjà du  $^{137}\text{Cs}$  provenant des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires réalisés de 1945 à 1980, date du dernier essai chinois. Au cours des années 80, l'activité des sols liée à ces retombées peut être estimée entre 2 500 et 3 000  $\text{Bq m}^{-2}$ . Depuis 1945, le vin contient donc du  $^{137}\text{Cs}$  d'une part déposé sur les vignes à l'époque des essais, et d'autre part transféré du sol vers les grains de raisin par les racines depuis leur arrêt. L'activité de 0,016  $\text{Bq l}^{-1}$  mesurée dans le vin de Vinsobres de 1983 est la conséquence de ce transfert racinaire. Des expérimentations de plein champ faites dans le sud de la France dans les années 60 ont montré que ce transfert conduit à une activité du vin (en  $\text{Bq l}^{-1}$ )  $10^5$  à  $10^6$  fois plus faible que l'activité du sol (en  $\text{Bq m}^{-2}$ ) sur lequel la vigne a poussé (Bovard *et al.*, 1967, 1968). À la suite de son absorption par les racines le césium diffuse dans tous les organes de la vigne par l'intermédiaire de la sève. Au niveau des grappes la concentration de la radioactivité est proportionnellement plus importante dans la rafle et la peau des grains que dans le jus de raisin (IPSN, 1994 ; Madoz-Escande *et al.*, 2002). Cette répartition hétérogène du césium dans les différents constituants des grappes a une conséquence directe sur la contamination du vin en fonction du mode de vinification mis en œuvre. La première étape de l'élaboration d'un vin consiste à écraser mécaniquement le raisin. Dans le cas des vins rouges, le jus de raisin obtenu est laissé à macérer, durant un temps plus ou moins long selon les cépages et les crus, avec les autres éléments des grappes pour permettre l'enrichissement du liquide en tanins, matières colorantes et aromatiques contenues dans la peau et la pulpe des grains. Mais cette macération contribue également à enrichir le vin avec une partie du césium contenu dans la rafle et la pellicule du raisin (Bovard *et al.*, 1968). Dans le cas de l'élaboration des vins rosés et des vins blancs le transfert de la radioactivité des constituants solides des grappes vers le jus est moindre (vins rosés) ou presque inexistant (vins blancs) car la durée de la phase de macération est plus courte voire nulle.

Les activités mesurées dans des échantillons de vin de 1986, 0,5 et 0,55  $\text{Bq l}^{-1}$ , sont la conséquence des dépôts radioactifs pluvieux sur les ceps de vignes à la suite de l'accident de Tchernobyl. Ces activités sont extrêmement modérées en raison principalement du stade précoce de la vigne au moment où se sont constitués les dépôts radioactifs. En effet, après un repos végétatif hivernal, le débourrement de la vigne, c'est-à-dire l'ouverture des bourgeons et l'apparition des premières feuilles, s'effectue au cours des mois de mars et avril. Au début de mai 1986, les vignes françaises et autrichiennes n'avaient débourré que moins d'un mois auparavant. De ce fait, l'interception des dépôts radioactifs par les quelques

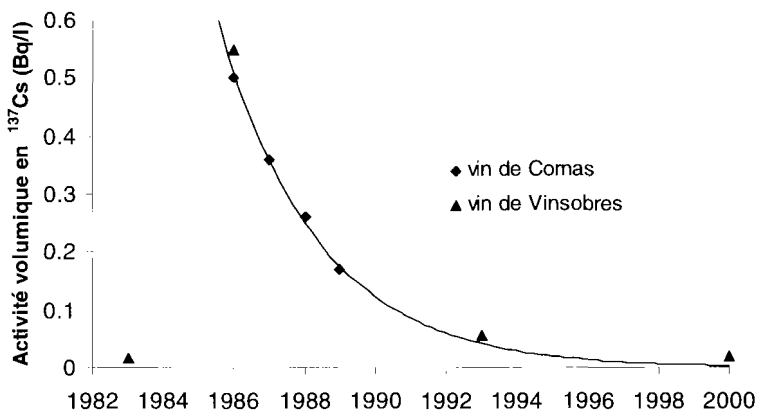


Figure 2 – Évolution des activités en  $^{137}\text{Cs}$  des vins de Cornas et de Vinsobres de 1983 à 2000.  
 Cornas and Vinsobres wine  $^{137}\text{Cs}$  activities from 1983 to 2000.

feuilles peu développées, a été très faible. Il en a été de même du transfert du césium des feuilles vers les rafles et les fruits encore inexistantes au moment des dépôts. En Grèce, le débourrement avait eu lieu en mars, et ces transferts ont été plus importants. Des expérimentations sur lysimètres faites par l'IPSN en 1995, consistant à simuler des dépôts radioactifs sur des ceps de vigne, ont montré que la contamination du vin aurait été beaucoup plus importante si les dépôts avaient eu lieu quelques semaines plus tard (Madoz-Escande *et al.*, 1997). Après juin, lors de l'apparition des baies et une fois la rafle bien constituée, pour un même dépôt radioactif, le vin aurait eu une activité en  $^{137}\text{Cs}$  de quelques centaines de  $\text{Bq l}^{-1}$  au lieu de  $0,5 \text{ Bq l}^{-1}$  constaté en 1986 dans la vallée du Rhône.

Au cours des années suivantes, l'activité du vin a diminué de manière exponentielle avec une période de 2 ans (Fig. 2). Une telle décroissance a souvent été constatée pour les plantes cultivées comme l'herbe, les légumes ou les céréales (Mück *et al.*, 1994 ; Mück, 1997 ; Smith *et al.*, 2000). Pour ces espèces végétales, elle est liée à l'évolution de la biodisponibilité ou du relargage du césium contenu dans les sols. Dans le cas de la vigne, ce phénomène ne peut être la cause principale de la diminution constatée. En effet, la vigne possède un système racinaire profond qui se développe en grande partie au-delà de trente centimètres sous la surface. Le  $^{137}\text{Cs}$  des retombées de l'accident de Tchernobyl est principalement contenu dans les 20 premiers centimètres des sols de vignes : plus de 65 % en 1990 à Cornas et plus de 90 % en 2000 à Vinsobres (Tab. I). Il s'ensuit qu'il n'est, en majeure partie, pas disponible pour la vigne dont seulement quelques racines se trouvent dans cet horizon. La diminution des activités mesurées dans le vin

pourrait être due à la diminution du stock de césium transférable au raisin et contenu depuis 1986 dans les parties ligneuses de la vigne. Une diminution plus rapide, de période inférieure à l'année, a été constatée dans les cinq récoltes de raisins qui ont suivi la contamination expérimentale réalisée par l'IPSN sur les ceps de vignes (Bréchignac, 1999). Cette diminution plus rapide est peut-être liée à une contamination initiale beaucoup plus importante des vignes expérimentales sur lysimètres à un stade de développement plus avancé.

Le fait que le transfert racinaire contribue peu à l'activité en  $^{137}\text{Cs}$  du raisin et donc du vin est notamment mis en évidence par l'activité mesurée en 1993 et surtout en 2000. En effet, 15 ans après l'accident de Tchernobyl, les sols de cette région sont encore 6 à 10 fois plus contaminés en  $^{137}\text{Cs}$  qu'ils ne l'étaient auparavant, alors que l'activité du vin est revenue à un niveau proche de celui antérieur à l'accident. Ceci prouve que le césium ajouté au sol n'est toujours pas disponible pour les racines de la vigne.

Un labour profond du type défoncement, consécutif par exemple à un arrachage des vignes, pourrait conduire à une remise à disposition pour de nouveaux plants du césium ainsi enfoui. L'augmentation du transfert racinaire qui en découlerait est à évaluer.

## 5. Conclusion

Les conséquences des retombées de l'accident de Tchernobyl sur les vins de la vallée du Rhône ont été mesurables mais très faibles.

Sur les zones les plus touchées par les dépôts radioactifs, l'activité en  $^{137}\text{Cs}$  du vin produit en 1986 n'a pas atteint  $1 \text{ Bq l}^{-1}$ . Ces conséquences, très limitées, sont dues à la date des dépôts qui sont intervenus au début de mai 1986, alors que les vignes développaient à peine leurs premières feuilles. Pour cette raison, le raisin et le vin n'ont pas été considérés comme des productions sensibles aux conséquences de l'accident de Tchernobyl, et n'ont fait l'objet que de peu de mesures d'activités et de publications. À titre de comparaison, dans l'est de la France et dans les pays voisins (Allemagne, Suisse, Italie...), les activités de  $^{137}\text{Cs}$  dans le lait produit en mai 1986 ont le plus souvent dépassé  $100 \text{ Bq l}^{-1}$ . De même, l'activité atteinte dans le vin en 1986 est très en deçà de la limite relative à la commercialisation des denrées provenant de pays tiers, fixée le 31 mai 1986 à  $600 \text{ Bq kg}^{-1}$  pour le césium.

Depuis 1986, l'activité en  $^{137}\text{Cs}$  du vin a fortement décru jusqu'à revenir en 2000 à un niveau proche de celui d'avant l'accident : quelques millibecquerels par litre. Le césium ajouté aux sols, dans des proportions pourtant importantes, se trouve essentiellement dans les 20 premiers centimètres, ce qui le rend peu disponible pour les racines de la vigne.



Cependant, depuis 16 ans, bon nombre de vignobles ont certainement été replantés après défonçage du sol. Il serait intéressant d'effectuer des mesures sur le vin produit afin de vérifier l'influence que peut avoir l'enfouissement du césium lors de ce travail du sol en profondeur, sur l'activité du vin produit.

## RÉFÉRENCES

- Bovard P., Benard P., Delmas J., Grauby A. (1967) Transfert à partir du sol du radiostrontium et du radiocésium dans la vigne et le vin, Actes du Congrès international sur la radioprotection du milieu devant le développement pacifique de l'énergie nucléaire, Toulouse 14-16 mars 1967, pp. 315-329.
- Bovard P., Benard P., Delmas J., Grauby A. (1968) Transfert des produits de fission dans la vigne et le vin, C.R. Séances Acad. Agric. 23 octobre 1968, pp. 989-995.
- Bréchignac F. (1999) Simulation contrôlée sur lysimètres d'accidents donnant lieu à pollution radioactive de l'environnement, Bilan synthétique des recherches, rapport IPSN/DPRE/SERLAB 99-018.
- CE (1998) ATLAS of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident, EUR 16733, office for publications of the European Communities, Luxembourg, European Commission, 176A3.
- CFSR (1982) Radioactivité en Suisse : 25 ans de Surveillance, rapport CFSR 48p.
- IPSN (1994) Agriculture, Environnement et Nucléaire : comment réagir en cas d'accident. Collection IPSN, édité par la mission de communication de l'IPSN, 105 p.
- Madoz-Escande C., Colle C., Hugon J., Jouglet H., Tormos J. (1997) Contaminations foliaires de cultures de vignes, Expérimentations 1994-1995 sur des lysimètres de grandes dimensions extraits du site de Tricastin, Rapport IPSN/DPRE/SERE 97-026.
- Madoz-Escande C., Colle C., Adam C. (2002) Evolution of cesium and strontium contamination deposited on vines. Proceedings of the international congress ECORAD 2001, Aix-en-Provence (France), 3-7 September, 2001, *Radioprotection-colloques* **37**(C1), 515-520.
- Mück K. (1997) Long-term effective decrease of cesium concentration in foodstuffs after nuclear fallout, *Health Phys.* **72**(5), 659-673.
- Mück K., Roth K., Gerzabeck H., Oberlander H.E. (1994) Effective half-lives of iodine and cesium isotopes in grassland shortly after fallout, *J. Environ. Radioactivity* **24**, 127-143.
- Renaud Ph., Métivier J.M., Pourcelot L., Morello M. (2003) Drawing the <sup>137</sup>Cs deposition map from the Chernobyl fallout over eastern France 16 years after the accident, *Sc. Total Environment* (à paraître).
- Smith J.T., Comans R.N.J., Beresford N.A., Wright S.M., Howard B.J., Camplin W.C. (2000) Chernobyl's legacy in food and water, *Nature* **405**, 141.